

СОЗДАТЕЛЯМ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ ПОСВЯЩАЕТСЯ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- А. М. Петросьянц – главный редактор
- А. В. Щегельский – заместитель главного редактора
- А. К. Круглов – заместитель главного редактора
- Б. В. Горобец
- В. В. Кротков
- В. В. Матвеев
- Б. П. Папковский
- Л. Д. Рябев
- В. А. Сидоренко
- Г. А. Цырков
- А. С. Штань

ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ РОССИИ



МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
2000

УДК 621.039
ББК 31.4
Я34

Я34 **Ядерная индустрия России.**— М.: Энергоатомиздат, 1999. — 1040 с.: ил.
ISBN 5-283-03180-2

Изложена история становления ядерной индустрии России, включая как военные, так и мирные аспекты использования ядерной энергии.
Для широкого круга читателей.

Редколлегия благодарит за помощь, оказанную по изданию книги, руководство и коллективы Конверсбанка, ПО «Машиностроительный завод», Сибирского химического комбината, завода «Электрохимприбор» и особо концерна «Росэнергоатом».

ISBN 5-283-03180-2

© Авторы, 2000

К ЧИТАТЕЛЮ

Предлагаемая вниманию читателей книга «Ядерная индустрия России» охватывает более чем полувековую историю становления и развития одной из самых сложных и наукоемких отраслей промышленности. Необходимость ее создания была обусловлена в первую очередь потребностью в кратчайшие сроки создать отечественное ядерное оружие, лишить тем самым США монополии на его обладание и применение. Однако ориентированное в первые годы своего существования (1945–1949 гг.) в основном на работы «по производству атомных бомб» уже в это непростое для страны время научные, конструкторские, промышленные предприятия и организации отрасли приступают к решению задач мирного использования ядерной энергии...

О том, как создавался ядерный щит страны, развивался ядерный надводный и подводный флот, строились и вступали в эксплуатацию атомные электростанции, установки различно-

го назначения, о вкладе Министерства Российской Федерации по атомной энергии в развитие науки, народного хозяйства, об овладении термоядерной энергией, об ученых, конструкторах, проектантах, геологах, строителях, инженерно-технических работниках, простых рабочих, внесших неоценимый вклад в достижения отрасли, рассказывает эта непростая книга. В ее написании принимали участие огромное количество людей. И, возможно, не все получилось так, как задумывалось.

В канун 55-летия отрасли ветераны Минсредмаша СССР — Минатома России, новое поколение атомщиков, а также все те, кто интересуется историей науки и техники, проблемами использования ядерной энергии, узнают много до сих пор неизвестных фактов и имен. И пусть эта книга послужит лучшим подарком тем, кто создавал и продолжает укреплять ядерную мощь страны.

Редколлегия

ВВЕДЕНИЕ

Атомная наука и техника в нашей стране берет свое начало с 20-х годов XX столетия. В 1919 г. Д.С. Рождественский, выступая на годичном собрании Государственного оптического института, сказал: «Мы вступаем в мир атомов, необычайно малых величин, в мир очень малых и очень больших чисел. К этому миру с его новым масштабом надо привыкнуть, чтобы свободно обращаться с такими величинами, реальное значение которых подчас уже не ощущается. Открывается широкий путь к анализу строения всех атомов...»

В 1922 г. Научное химико-техническое издательство опубликовало «Очерки и речи» великого русского ученого В.И. Вернадского, в которых прозвучали вехи его слова: «...Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не может сравниться все им раньше пережитое. Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать эту силу, которую неизбежно должна дать ему наука? ...»

Для нас, современников, эти слова особенно дороги потому, что это предвидение гения русской науки сбылось в начале первой половины XX века.

Это предвосхищение не было, конечно, случайностью, ибо к открытию внутриядерной энергии атома, к ее высвобождению ученые мира шли настойчиво, неуклонно накапливая научные знания, осуществляя все новые физические эксперименты, все ближе подходя к получению и освоению ядерной энергии.

Великий английский ученый Эрнест Резерфорд, заложивший основы учения о радиоактивности и строении атома, первый осуществил искусственное превращение элементов. В

1921 г. он высказал предположение о возможности существования нейтральной частицы (нейтрона), которая действительно была обнаружена его учеником Джеймсом Чедвиком в 1932 г. Огромный вклад внес крупнейший физик-теоретик Дании Нильс Бор. Его учение о строении атома и ряд исследований внесли ясность в сложную область атома и его ядра.

Великие французские ученые Пьер и Мария Кюри обнаружили особые явления радиоактивности, открыли элементы полония и радия. В основанном Марией Склодовской-Кюри Институте Радия работали ее дочь Ирен Кюри и зять Фредерик Жолио-Кюри, открывшие позднее искусственную радиоактивность и многое другое.

Величайший ученый-физик, создатель теории относительности (пространства, времени и тяготения), один из создателей квантовой теории, статистической физики Альберт Эйнштейн внес решающий вклад в развитие современной физики.

В Италии, в Риме, в 20-х годах крупнейший итальянский ученый-физик Энрико Ферми оказал большое влияние на формирование итальянской школы современной физики. В 1938 г. эмигрировав в США и будучи профессором Колумбийского и Чикагского университетов, принял деятельное участие в создании основ квантовой физики, заложил основы нейтронной физики, создал первый в мире исследовательский и промышленный ядерный реактор для получения плутония.

В предвоенные годы в США съехались (эмигрировали) выдающиеся ученые из многих стран Западной Европы.

В Советском Союзе в эти же годы ученые-физики и химики вели интенсивную работу по развитию ядерной физики и подготовке к высвобождению внутриядерной энергии атома.

В 1918 г. М.И. Неменовым был основан Петроградский государственный рентгенологический и радиологический институт.

В 1922 г. в Петрограде был учрежден Ради-

вый институт Академии наук (РИАН) и возглавил его В.И. Вернадский.

В 1922 г. был основан Петроградский физико-технический институт во главе с А.Ф. Иоффе.

В 1928 г. — Сибирский физико-технический институт в г. Томске во главе с П.С. Тартаковским.

В 1929 г. был создан Украинский физико-технический институт в г. Харькове (ХФТИ) во главе с И.В. Обреимовым.

В 1932 г. в Москве был организован Физический институт Академии наук (ФИАН).

В 1932 г. — Институт физики металлов в г. Свердловске.

В 1933 г. — Физико-технический институт в г. Днепропетровске.

В 1934 г. — Институт физических проблем под руководством П. Л. Капицы.

В 1938 г. в Москве созданы Институт кристаллографии и ряд других институтов физико-технических направлений.

В Советском Союзе внимательно следили за успехами зарубежных лабораторий и институтов, ученых Франции, Германии, Англии, Италии, Дании, США по пути проникновения внутрь атома, в развитии ядерной физики. Работы ученых СССР в освоении атома и его ядра также продвигались. Целый ряд наших ученых стажировались в зарубежных лабораториях, накапливая опыт в работах на сложных физических установках.

Исследования радиоактивности и радиоактивного излучения сразу привлекли внимание русских ученых А. П. Афанасьева, И. И. Боргмана, В. К. Лебединского, И. А. Леонтьева, Н.А. Орлова.

Л.С. Коловрат-Червинский, работая в Лаборатории Марии Кюри, провел исследования и создал первую таблицу констант радиоактивных веществ.

В Англии в 1932 г. Дж. Кокрофт и Э.Уолтон осуществили расщепление ядра атомов лития ускоренными протонами. Этот же эксперимент, в этом же 1932 г., осуществили в Харьковском физико-техническом институте молодые ученые-физики К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, А.И. Лейпунский и Г.Д. Латышев, показав тем самым высокий уровень состояния физической науки в СССР.

В РИАН был сооружен и пущен крупнейший в Европе синхронный ускоритель на 4 млн. эВ.

В 1934 г. П.А. Черенков и С.И. Вавилов от-

крыли фундаментальное физическое явление: свечение жидкости при движении в ней быстрых электронов со сверхсветовой скоростью. В 1935 г. И.В. Курчатов и его группа открыли явление ядерной изомерии. В 1936 г. Я.И. Френкель предложил капельную модель ядра и ввел термодинамические понятия в ядерную физику. В 1939 г. Г.Н. Флеров и К.А. Петржак открыли спонтанное, самопроизвольное деление урана (новый вид радиоактивности). Молодые ученые Института химической физики Ю.Б. Харитон и Я.Б. Зельдович одними из первых представили расчет цепной реакции деления ядер тяжелых атомов.

С 1938 г. при Президиуме Академии наук работала Комиссия по атомному ядру под руководством президента АН С.И. Вавилова.

В конце 1938 г. в Германии О. Ганом и другими учеными был осуществлен эксперимент по делению ядер урана медленными нейтронами. Это был решающий шаг к получению ядерной энергии.

В 1940 г. при Президиуме АН была образована Комиссия по проблеме урана под председательством В. Г. Хлопина.

В марте 1941 г. на «Менделеевских чтениях» В. Г. Хлопин имел все основания заявить: «Теперь в процессе деления урана, под действием нейтронов ... мы встретились с атомной реакцией, которую можно превратить в цепную и использовать колоссальное количество энергии, которая при этом освобождается...»

Предвоенные 1940 и 1941 гг. неуклонно и все более ускоренными темпами вели ученых нашей страны к высвобождению внутриядерной энергии и ее использованию. К этому времени образовались и укреплялись в СССР сильные в научном и организационном отношении группы ученых-физиков, химиков, расширявших и углублявших знания в ядерной физике, атомной науке. Прежде всего это относилось к ленинградским ученым, группировавшимся вокруг Радиевого института Академии Наук (Вернадский, Хлопин), Оптического (Рождественский), Физико-технического (Иоффе, Алиханов, Курчатов), Химической физики (Семенов, Харитон, Зельдович).

В Москве группировались вокруг Физического института Академии наук (Вавилов, Скобельцын), Института физических проблем (Капица), Кристаллографии (Шубников, Белов). На Украине — вокруг Харьковского физико-технического института (Обреимов, Си-

нельников). Такие же группы формировались на базе физических и химических институтов в других регионах страны.

Но внезапно нагрянувшая в 1941 г. война, нападение гитлеровских полчищ прекратили все работы по развитию ядерной физики и продвижению атомной науки. Все силы страны и ученых были брошены на помощь фронту.

Однако вскоре руководству страны стало известно по получаемым из-за рубежа разведанным, что в Англии, а затем и в США начаты работы по получению и использованию ядерной энергии в военных целях.

Но в стране Советов военная обстановка, потери территории и людей от нашествия гитлеровцев не позволяли в период ведения тяжелых боев отвлекать необходимые огромные силы и средства от главной задачи — разгрома противника.

28 сентября 1942 г. И.В. Сталин подписывает решение Государственного комитета обороны о возобновлении работ по проблеме урана в ЛФТИ, а в феврале 1943 г. принимается программа научных и технических исследований по практическому использованию «внутриатомной» энергии, давшая жизнь проекту, направленному на создание советского ядерного оружия. Научное руководство всеми работами возлагается на И.В. Курчатова и специально созданный научный центр — Лабораторию № 2 Академии наук СССР. С 1943 по 1945 гг. Лабораторией № 2 с привлечением ряда других научно-исследовательских институтов и предприятий страны были проведены исследования по разделению изотопов урана, разработаны технологии получения металлического урана, тяжелой воды и многое другое, позволившее приступить к промышленному производству ядерной бомбы, для чего требовалось создание крупной, очень специфической промышленности — ядерной индустрии.

Разрушение двух японских городов 6 и 9 августа 1945 г. ядерными бомбами США привело к необходимости ускоренного создания своей советской ядерной бомбы. Нельзя было допустить, чтобы одна страна в мире имела у себя ядерное оружие и угрожала им всему миру.

Об этом довольно подробно и обстоятельно рассказано в вышедшей в Энергоатомиздате в 1995 г. книге «Создание первой советской ядерной бомбы».

Решение об организации полномасштабных

работ по созданию ядерной бомбы было принято 20 августа 1945 г.

В качестве делящегося вещества для получения цепной реакции требовался изотоп урана-235. В 1943 г. И.В. Курчатov в своем докладе в адрес М.Г. Первухина сообщал, что получение цепной реакции в уране-235 «...связано с разрешением невероятно сложной технической задачи — выделения большого количества этого изотопа из обычного урана. А пока во всех лабораториях мира удалось выделить одну миллионную грамма этого вещества. А нужно десятки килограммов. ...»

Вторым делящимся веществом для получения цепной реакции является экаосмий, т. е. плутоний, но его можно получить только в ядерном реакторе.

В августе 1945 г. ничего подобного не было, да и не могло быть. Для этого надо было создать, как уже говорилось, целую урановую промышленность. Однако и урана в стране в наличии не имелось. Надо было искать его природные месторождения и организовывать их добычу и переработку.

К августу 1949 г. в стране усилиями Специального Комитета при Государственном Комитете Обороны СССР и Первого главного управления при Совете Министров СССР с привлечением всех отраслей промышленности, организацией научных работ в институтах, лабораториях, ОКБ и проектных институтах, с участием очень большого количества специалистов, рабочих и даже заключенных в лагерях НКВД, были сооружены объекты, предприятия, заводы и организации, обеспечившие создание и испытание первого ядерного заряда на Семипалатинском полигоне. И все это было сделано всего за четыре года.

За эти четыре года были решены все научные и технические задачи по созданию стройной системы знаний, углублению в мир атомов, пониманию процессов, происходящих внутри ядер атомов. К окончанию войны с Германией ученые-физики, работавшие ранее в ядерной физике, были собраны в один научный центр, в так называемую Лабораторию № 2 или с 1945 г. Лабораторию Измерительных Приборов Академии наук (ЛИПАН), которую возглавлял И.В. Курчатov.

Именно там, в конце 1944 г., был собран и пущен первый московский циклотрон, а в конце 1946 г. был задействован первый на евро-азиатском континенте исследовательский ядерный

реактор, на котором была осуществлена самоподдерживающаяся управляемая цепная реакция деления урановых ядер и позднее получены первые зримые количества неимеющегося в природе искусственно созданного элемента — плутония. К августу 1949 г. именно из этого «неземного» материала, давно исчезнувшего на нашей планете, и была сделана первая советская ядерная бомба.

Первое, с чем пришлось столкнуться, это отсутствие открытых урановых месторождений, необходимость их поисков и организация добычи и переработки урановых руд. Для этого потребовались годы упорного труда. На первых порах удалось обнаружить на территории оккупированной Германии более сотни тонн урановой руды и затем воспользоваться добычей урановой породы в Чехословакии, Болгарии, Венгрии и Германии.

Много времени потребовалось для организации производства металлического урана. В стране не занимались получением металлического урана, и только в конце 1944 г. по просьбе И. В. Курчатова Государственный институт редких металлов сумел выплавить всего 1 кг. А для молодой атомной промышленности его требовалось сотни тонн, т.е. требовалось получение металлического урана в промышленных масштабах, для этого был выбран Завод № 12. Но завод производил снаряды и ни по составу цехов (технологии), ни по квалификации персонала, да и ни по роду своей деятельности он никак не подходил для решения новых задач (металлургия урана). Единственное его преимущество — он находился недалеко от Москвы (менее 60-ти километров).

Менее чем за три года на Заводе № 12 было освоено производство металлического урана и изделий из него. В этот же период было освоено производство металлического кальция методом электролиза с катодом касания. В 1949 г. на Заводе № 12 впервые в стране было освоено изготовление плоских и трубчатых фильтров из никелевой сетки для получения диффузионным методом высокообогащенного изотопом урана-235. Его получение было налажено на уральском Заводе № 813.

Для получения делящегося материала — плутония, необходимого для снаряжения ядерной бомбы, в конце 1946 г. приступили к сооружению Завода № 817 на Урале, недалеко от г. Кыштым. Судьба этого предприятия интересна тем, что коллектив его решил главную зада-

чу не только путем получения плутония при облучении урановых блочков в ядерном реакторе, но и создания радиохимического завода, куда передавались облученные урановые блочки для отделения и получения плутония путем растворения урановых блочков с ядерного реактора.

Но процесс получения плутония этим не заканчивался, необходимо было получение металлического плутония и изделий из него для использования его в первой советской ядерной бомбе. Кроме того, для бомбы был необходим не просто плутоний, а его изотоп-239, причем изготовленный в виде полого шара, состоящего из двух половинок. Не углубляясь в детали, можно только сказать, что Комбинат № 817 представлял собой сложнейший объект с его ядерными реакторами, радио-химическими лабораториями и специализированным производством получения металлических форм изделий из плутония необходимой кондиции.

В то же время плутониевый Комбинат № 817 с его сложной радиохимией и радиоактивными отходами явился центром радиоактивных загрязнений окружающей среды.

Очень крупным и очень сложным в механико-приборном отношении являлся Завод № 813, недалеко от г. Свердловска (теперь Екатеринбург), по получению другого делящегося ядерного материала, высокообогащенного изотопом урана-235. Это предприятие оказалось на редкость трудным в освоении. Многие тысячи разделительных диффузионных компрессоров требовали автоматического контроля температуры, давления, вакуума, неременной сигнализации при отклонении от норм, аварийной защиты от механических и гидравлических нарушений технологического процесса. В результате к испытанию первой ядерной бомбы его продукция запоздала и с высокообогащенным ураном-235 была испытана вторая бомба в 1951 г.

Очень большие трудности пришлось преодолевать руководству Первого главного управления при СНК СССР и руководству Лаборатории № 2 (Курчатову, Харитону и др.) при создании филиала КБ-11 и его опытной базы для создания ядерной бомбы. По существу пришлось создавать специальный научно-исследовательский центр по разработке и созданию ядерного оружия. Выбор его места в пос. Сарово на границе Мордовии и Нижегородской обл. был продиктован условиями строгой секретности его работ.

В филиале Лаборатории № 2 — КБ-11 были

собраны лучшие в стране физики-теоретики и экспериментаторы, химики, металлурги, математики, и другие специалисты самого высокого класса. Огромное внимание было уделено организации испытательного полигона и проведению испытаний. Все многократно и тщательно проверялось. В результате испытание первой советской ядерной бомбы в августе 1949 г. увенчалось полным успехом.

К успеху этой грандиозной работы, созданию ядерного оружия, были причастны все лучшие организации и коллективы авиационной, артиллерийской, танкостроительной, боеприпасной промышленности, очень многие институты и лаборатории Академии Наук. В привлеченных организациях строились, приспособлялись помещения для лабораторий, цехов, заводов и установок, обеспечивающих задания ядерной индустрии. Без вовлечения заводов оборонных отраслей и других видов промышленности невозможно было бы достигнуть так быстро успеха. И в этом огромная заслуга Спецкомитета ГОКО, да и всего руководства страны. Создание ядерной бомбы было делом государственной важности и особой значимости.

Но самое бурное развитие ядерной науки и техники приходилось не на 1949 г., а на последующие годы. Созданием первого образца ядерного заряда не могли ограничиться, речь шла об оснащении нашей Армии всеми видами ядерного оружия.

Создавая новые виды ядерного оружия, ученые много времени отдавали разработкам по использованию нового источника энергии в мирных целях, на пользу людям. Именно этому в большей своей части и посвящена эта книга.

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что нынешний рост и мощь ядерной науки и техники в России обязан тем огромным капиталовложениям и материальным ресурсам, которые государство отдало развитию и становлению этой отрасли науки и промышленности. В 1980 г. президент Академии Наук А.П. Александров сказал, что: «... Теперь можно открыто и прямо сказать, что значительная доля трудностей, пережитых нашим народом в первые послевоенные годы, были связаны с необходимостью мобилизовать огромные людские и материальные ресурсы, с тем чтобы сделать все возможное для успешного завершения в кратчайшие сроки научных исследований и технических проектов для производства ядерного оружия. ...»

Хотя А.П. Александров и писал, что об этом можно «открыто и прямо сказать», но ведь так и не было сказано, во что обошлось решение этих задач, сколько для этого потребовалось капитальных вложений, оборудования и прочего.

Да и теперь все это не известно широкой общественности.

Недавно появились сообщения из США о произведенных затратах на ядерный арсенал США, начиная с 1940 по 1995 гг.*

Эти затраты подсчитывались в Специальном Комитете Бруклинского Университета (Вашингтон) Фонда Джона Алтона. В Комитет вошли 13 членов из ряда ведущих институтов и Федерации американских ученых.

Комитет взялся за подсчет общих затрат США на создание и обращение с ядерным арсеналом и попытался дать ответы на ряд вопросов, и в том числе: «Дали ли израсходованные деньги нам выгоду?» Окончательный отчет Комитет предполагает опубликовать позднее. Но в уже опубликованной его части в 1995 г. Комитет сообщает, что затраты США на ядерное оружие составляют 4 трилл. долл. США (в пересчете на 1995 г.). Но сюда не полностью включены ассигнования на разработку, производство и контроль за ядерным арсеналом США за последние 50 лет. Общая сумма расходов может увеличиться на 0,5—1 трилл. долл., т. е. дойти до 4,5—5 трилл. долл. США.

В своем сообщении Комитет дает расшифровку расходов по отдельным статьям.

Наши расходы на ядерное вооружение пока никто не подсчитывал, но можно предполагать, что они такого же порядка или несколько меньше.

Ответ на вопрос, поставленный в США, «дали ли израсходованные деньги нам выгоду?», нам пока неведом.

Но что касается нашей страны, то у нас ответ есть. Израсходованные деньги принесли нашей стране мирную жизнь в течение 50 лет, без войны с использованием ядерного оружия.

Наличие ядерного оружия у нас принесло стабильность и уверенность, что любой агрессор, покусившийся на нашу безопасность, получит сильнейший ответный удар.

Атомная наука и техника России нацелена на мирное использование ядерной энергии. В этой книге рассказывается об этом.

* Nuclear Science Bulletin of the Atomic Scientists. 1995. V. 51. N 6; P. 32.

Атомная энергия и научно-технический прогресс

Становление ядерной индустрии России произошло в 1945—1949 гг., когда была создана и испытана на Семипалатинском полигоне первая советская ядерная бомба.

В эти годы были сооружены в стране промышленные объекты и организованы первые научно-исследовательские, конструкторские лаборатории новой, для того времени, ядерной индустрии.

Именно в этот период была освоена в промышленном масштабе внутриядерная энергия тяжелого атома. В этот пятилетний срок, включая 1950 г., было положено начало развития объектов ядерной индустрии, в дальнейшем требовалось их расширение и умножение, для количественного и качественного развития различных видов ядерного оружия и многих других целей.

Стояла задача создания надводных военных и гражданских кораблей и особенно подводного флота с ядерно-энергетическими установками, с ядерными реакторами. Это позволило бы флоту длительное время находиться в плавании без необходимости пополнения топливом во время крейсирования. И что особенно важно, подводные лодки могли бы ходить (плавать) в подводном положении, не выходя на поверхность морей и океанов неделями и даже месяцами.

К такому качеству можно было придти только с помощью ядерных реакций, ибо подводные лодки на дизельном ходу требуют потребления кислорода воздуха, а его в подводном положении, как известно, нет. Использование ядерной энергии в мирных целях в разнообразных отраслях человеческой деятельности, в науке, медицине, биологии, промышленности, при получении больших количеств электрической энергии за счет ядерной энергии становилось не переменным. Атомная наука и техника по праву становилась ведущей научно-технической отраслью в нашей стране. Ядерная физика также получила свое дальнейшее развитие. Пущенный в сентябре 1944 г. в Москве циклотрон на энергию в 12 МэВ был слишком

мал для дальнейшего развития физических исследований. Требовались новые циклотроны на значительно большие энергии.

Радиохимия, промышленное начало которой было положено на Комбинате № 817 («Маяк») в Челябинской обл., требовала своего совершенствования, для чего необходимо было расширение и создание ряда новых научно-исследовательских лабораторий, институтов.

Создатели плутония на Комбинате № 817 в своих воспоминаниях многократно подчеркивают, что все тогда открывалось и создавалось впервые, вновь. Много было, в те первые годы освоения, неизвестно, все сложности технологии тяжелым ударом отзывались на здоровье и жизни первопроходцев.

В радиохимическом производстве на плутониевом переделе (заводе) по разработанному и всеми утвержденному проекту технологическую линию с реагентами и сдвухами монтировали на расстоянии 2 м от щита управления, не догадываясь, что в эти линии могут попадать высокоактивные растворы, радиационный фон которых губительно действовал, облучая операторов, находящихся у щита управления.

И многие другие многочисленные недоработки, просчеты и ошибки происходили не за счет халатности или спешки, а из-за незнания, отсутствия опыта. Все делалось впервые и потому коварство радиохимической технологии прямо сказывалось на здоровье и жизни первооткрывателей.

Первые руководители, ученые, специалисты радиохимической технологии, доктора наук, сподвижники крупнейшего ученого, академика, многолетнего руководителя Радиевого института Академии наук (РИАН) В.Г. Хлопина стали первыми жертвами радиохимического производства, рано ушедшими из жизни.

Б.А. Никитин, заместитель директора РИАН, руководитель и один из авторов радиохимического завода с применением экстракционных процессов, его друг А.П. Ратнер, также ученик В.Г. Хлопина, подвергались радио-

активному облучению и отдали свои жизни созданию первой советской ядерной бомбы. Их учитель, знаменитый деятель науки В.Г. Хлопин также преждевременно ушел из жизни. Главный технолог проекта радиохимического производства Я.И. Зильберман тоже рано распрощался с жизнью.

Таких ученых, сотрудников радиохимического производства, а также специалистов и рабочих, создателей и эксплуатационников первых промышленных ядерных реакторов, нарабатывших первые граммы и килограммы ядерного вещества — плутония, сделавших все для создания ядерной бомбы и потерявших здоровье и жизни, насчитываются не единицы, не десятки и не сотни...

Нельзя не вспомнить также рано ушедших из жизни И. В. Курчатова, И. Е. Старика, И.И. Черняева, В.А. Малышева и многих других руководителей, непосредственных участников ядерной эпопеи, создателей ядерной индустрии СССР и России.

Понимание всех тонкостей правильных научных и технологических решений, всех сложностей и коварных воздействий невидимого радиоактивного облучения, не имеющего ни цвета, ни запаха, пришло позднее с овладением получения в промышленном производстве плутониевых зарядов.

Без Комбината «Маяк», без его ядерных реакторов по наработке плутония, без радиохимического производства — Завода Б, без Завода В по производству ядерных зарядов нельзя было бы получать, вырабатывать высококачественный металлический плутоний. Плутониевые полусферы после их изготовления на Заводе В доставлялись в научный центр «Арзамас-16» для укладки в конструкцию бомбы и уже оттуда направлялись для проведения испытательных взрывов на ядерный полигон в Семипалатинск.

В этих немногих словах рассказано о получении основного ядерного заряда из металлического плутония, хотя в действительности технология и процесс его получения изобилуют многими трудностями, сложностями и опасностями для исполнителей, и окружающей природной среды. Каждый миг в процессе получения этого неземного материала (в природе его не существует и людям он неведом) сулил тяжкие, непредсказуемые последствия.

На сегодня последствия загрязненности радиоактивными сбросами близлежащих к Комбинату «Маяк» водоемов, озер и рек, окружа-

ющей местности в некоторой степени сравнимы с последствиями катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Комбинат «Маяк» расположен на Южном Урале недалеко от Челябинска, рядом с Кыштым и Касли. На территории «Маяка» и недалеко от него находятся красивейшие места южного Урала, озера и реки, богатые рыбой, леса со всякой живностью, зверьем и птицами. Но вскоре после того как на Комбинате «Маяк» заработали ядерные реакторы, радиохимическое производство Завода Б и Завод В по получению ядерных зарядов из плутония, радиоактивные отходы разных концентраций, в том числе и высокоактивные, сбрасывались в реку Теча, приток реки Исети, впадающей в реку Тобол и в озера Карачай и Кызыл-Таш. Все эти радиоактивные отходы, в значительной степени, сбрасывались в непредвиденных и аварийных ситуациях, а также из-за неизученности сорбции плутония, десорбции оборудования и пр. В результате загрязнения рек, водоемов прибрежной территории радиационному воздействию подверглись примерно 125 тыс. чел., проживавших в поймах рек Челябинской и Курганской областей.

К этим трудностям приходится добавить последствия радиационной аварии в сентябре 1957 г. (которую, кстати, долгое время скрывали) в результате взрыва емкости хранилища высокоактивных отходов. Из 20 МКи радионуклидов, находившихся в металлической емкости, их большая часть осела на территории комбината, а остальное рассеялось по Челябинской и Свердловской областям, образовав радиоактивный след площадью около 1 тыс. км².

Первые 10 лет освоения плутониевого производства на Комбинате «Маяк» сопровождалось переоблучением производственного персонала и населения, проживавшего в поселках недалеко от Комбината. И хотя радиохимический завод уже остановлен, но последствия его работы еще долго будут негативно проявляться на значительной территории Южного Урала.

Теперь эти тайны стали постепенно раскрываться, а тогда, в первые месяцы и годы промышленного освоения ядерной энергии, многое делалось с ошибками, в спешке и с опасностью для здоровья и жизни его создателей.

Атомная энергия в научно-техническом прогрессе показала себя с самых неожиданных сторон: и как чудесное проявление человеческих знаний, ума, творческих деяний, и как фе-

номен гигантской разрушительной мощи и высоких радиационных излучений.

Ядерная индустрия в своей последующей деятельности вызвала появление новых разделов науки и техники — радиационной химии. Создана прикладная радиационная химия, ее научные основы.

Требовалось расширение производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) для ядерных реакторов, а главное новых научных разработок для их совершенствования, а также новых материалов и сплавов в целях увеличения срока их службы в реакторах.

После 50-х годов создавались новые научные и технические направления в ядерном приборостроении, радиационном контроле, аппаратурных схемах и оборудовании, в том числе для предприятий ядерного топливного цикла.

В эти же годы была разработана и освоена в промышленном масштабе технология обогащения урана методом центрифуг.

В длительной истории своего развития человечество переходило от преимущественного использования одного энергоисточника к господству другого. В глубокой древности использовалось солнечное тепло, бывшее тогда единственным энергоисточником. Затем люди перешли к использованию древесины с помощью добытого огня, затем угля, в уж впоследствии к нефти и газу. Все это происходило медленно, многими столетиями, по мере роста знаний и овладения новыми энергоисточниками. Каждый новый энергоисточник приходил на смену предыдущему, из-за некоторых важных качеств нового, найденного и освоенного энергоносителя. Здесь прослеживается естественная тенденция к использованию новых энергоисточников с возрастающей удельной теплотворной способностью. Именно это качество позволяло решать новые технологические задачи с желаемым успехом. Появление ядерных источников энергии в развитии научно-технического прогресса позволило совершать в технологиях крупные особо важные качественные изменения.

Древесина, уголь, нефть и газ — это источники энергии за счет энергии связи электронов в атомах и молекулах, т.е. в так называемых химических реакциях, в которых происходит перестройка электронов.

Ядерное топливо использует энергию связи ядерных частиц (нейтронов, протонов) в ядре атома и решает проблему совершенствования

техники и экономики, используя свои уникальные возможности при делении. При делении 1-й массовой части урана выделяется в два с лишним миллиона раз больше энергии, чем при сгорании такого же количества угля. В одном акте деления ядра урана выделяется энергия, равная примерно 200 МэВ. Это в миллионы раз превышает энергию, выделяющуюся на один атом в любой химической реакции.

Именно в этом одно из главных преимуществ ядерного вещества перед органическим. В химической реакции горения выделение энергии составляет всего лишь 0,3 эВ на нуклон, а при делении ядра урана выделяется 0,86 МэВ на нуклон, т.е. в миллионы раз больше. Такая концентрация энергии, такая невиданная мощь не могла не привлечь внимание ученых.

Эта энергия была использована в 1945 г. США в военных целях: были созданы ядерные бомбы. Но такова уж судьба многих открытий: сначала их используют в военных целях для разрушений, уничтожений, а потом в промышленности, в технологиях для улучшения жизни и условий работы людей.

В науке часто бывало так, что самые отвлеченные, сугубо, казалось бы, теоретические находки, открытия превращались в основу, на которой создавались новые отрасли промышленности. Так вот и получилось с открытием основополагающего закона Альберта Эйнштейна, с выведенным им классическим соотношением между массой и энергией $E = m \cdot c^2$, которое стало исходным для использования внутриядерной энергии атома. Разрушительная вторая мировая война привела к тому, что чудесные достижения людей в науке, ядерной технике доказали свою огромную силу и мощь в уничтожении людей и городов (Япония — 1945 г.). В Советском Союзе ученые и инженеры, создавая ядерную бомбу, ликвидируя монополию США на ядерное оружие, думали об использовании ядерной энергии в мирных целях, на пользу людям. Испытав первый ядерный заряд в 1949 г. на Семипалатинском полигоне, вскоре, в июне 1954 г. ученые-атомщики пустили в эксплуатацию первую в мире атомную электростанцию под Москвой в Обнинске.

Уникальные возможности ядерного топлива проявились при производстве электрической энергии. Оно стало использоваться как источник многих видов излучений, для синтеза искусственных элементов, модификации веществ-

ва для придания им новых качеств, развития электроники, медицины, сенсорной техники и стало базой для новых важных направлений научно-технического прогресса.

Атомные электростанции во многих странах мира стали весьма заметной частью производства электрической энергии, а в некоторых даже преобладающей. В России ядерная энергетика начала свой путь с Обнинской АЭС с гетерогенным реактором на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем и водяным теплоносителем. Этот тип реактора был хорошо изучен на промышленных реакторах, производящих плутоний, но, конечно, с некоторыми и весьма существенными изменениями взятого за основу промышленного реактора, и в том числе с использованием не природного урана, а 5%-ного обогащенного изотопа урана-235.

Этот тип уран-графитового реактора канального типа определил одно из направлений реакторостроения в России. Следующая АЭС — Белоярская, на Урале, была также с реакторами канального типа, но более усовершенствованными по сравнению с реакторами Обнинской АЭС, с использованием перегретого пара в активной зоне реактора.

Однако эти реакторы и особенно реакторы с перегревом пара не оправдали ожиданий и надежд ученых и конструкторов, и спустя несколько лет работы энергоблоков Белоярской АЭС по выработке электроэнергии и тепла для жилого городка они были остановлены и в дальнейшем не использовались.

Реакторы большой мощности, кипящие, так называемые РБМК, также канального типа, были другой, измененной конструкции.

Эволюция развития уран-графитовых реакторов канального типа связана с прогрессом в атомной технике и технологии и определила в последующем создание кипящих реакторов — РБМК. Первая АЭС с реакторами РБМК появилась западнее Ленинграда недалеко от г. Соновый Бор общей мощностью 4 млн. кВт с четырьмя реакторами, каждый по 1 млн. кВт.

В Литве была пущена в строй Игналинская АЭС с реакторами РБМК мощностью 1,5 млн. кВт каждый.

Это направление в АЭС нашло свое место и на Украине.

Второе направление в энергетическом реакторостроении определилось созданием водоводяных реакторов под давлением — ВВЭР. Первый блок с таким реактором был сооружен

на Нововоронежской АЭС на электрическую мощность 210 тыс. кВт. Следом за ней были пущены в эксплуатацию второй блок с реактором на электрическую мощность 365 МВт, а затем и третий блок на 440 МВт.

В 1980 г. там же, на Нововоронежской АЭС был пущен в эксплуатацию реактор ВВЭР на электрическую мощность 1000 МВт, ВВЭР-1000. Реактор ВВЭР-1000 стал основным в ядерной энергетике и особенно после крупнейшей аварии на Чернобыльской АЭС на Украине.

Третье и особо интересное направление в энергетическом реакторостроении, хорошо освоенное в России, использование в реакторах быстрых нейтронов. Водоводяные реакторы на медленных нейтронах получили широкое распространение во многих странах мира. Реакторы на быстрых нейтронах получили также все права гражданства, при этом ученые некоторых стран, в том числе в первую очередь в России, считают это направление в ближайшем будущем генеральной линией развития ядерной энергетике.

В России до этого были проведены большие работы по созданию серии исследовательских реакторов на быстрых нейтронах. Особо большое продвижение было получено после пуска БОР-60 в г. Мелекессе, БН-350 в Казахстане и БН-600 на Урале, на Белоярской АЭС. Важнейшим достоинством быстрых энергетических реакторов является минимальное радиационное воздействие на окружающую среду. Выход газовой активности у БН-600 в атмосферу составляет 10 Ки/сут. при допустимом по нормам безопасности 500 Ки/сут.

В быстрых реакторах достигнуто глубокое (15—20%) выгорание оксидного топлива. И, что еще важнее, в них высок уровень воспроизводства ядерного топлива и они обладают способностью выжигать актиниды (нептуния, америция, кюрия).

Принято решение приступить к сооружению на Урале АЭС с реактором на быстрых нейтронах на 800 МВт (БН-800).

Большие перспективы после создания термоядерной бомбы с участием А.Д. Сахарова и других ученых получили работы по овладению управляемым термоядерным синтезом. Проблема создания управляемого термоядерного реактора для получения электрической энергии занимает умы ученых ведущих стран мира, и в том числе России. Российские ученые и специалисты вплотную приблизились к созда-

нию энергетического термоядерного реактора, хотя до решения этой задачи, к сожалению, еще достаточно далеко.

Ядерная энергетика выросла ныне в решающий фактор, определяющий лицо страны, ее энерговооруженность. Особенно большое развитие получила ядерная энергетика и в создании морских, океанических судов. Ряд стран владеют морскими военными кораблями, надводным флотом в виде крейсеров, линкоров, подводными лодками и др., оснащенными ядерно-энергетическими установками и определяющими стратегическое значение военно-морского флота, его мощь.

Россия владеет целым рядом очень крупных атомных ледоколов, курсирующих круглогодично по водным просторам Северного Ледовитого океана. Только атомные ледоколы смогли обеспечить надежную навигацию в Северном Ледовитом океане, борясь с паковыми льдами. Без атомных ледоколов этого сделать невозможно.

Использование атомных паропроизводительных установок в подводном флоте придает им совершенно исключительные, ранее неданные качества. Большой запас энергии в небольшом объеме и использование тепловыделения в результате деления ядер атомов без участия кислорода наделяют подводные лодки исключительными, уникальными факторами. Подводные лодки, находясь в погружении, могут совершать и совершают кругосветное плавание в океанических водах, длительное время не выходя на поверхность водного простора. Без овладения ядерной энергией такого не было и не могло быть. Скорость подводных лодок была выше надводных кораблей, использующих органические виды топлива.

Атомная наука и техника в своем совершенствовании оказала значительное влияние и на развитие ряда новых прогрессивных технологий. Создание ускорителей заряженных частиц протонов и электронов позволило выйти на уровень очень высоких энергий, на миллиарды и сотни миллиардов электрон-вольт. Приближается к концу сооружение сверхмощного циклотрона в Протвино, в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ) на энергию 3000 ГэВ. Можно не сомневаться, что российские физики в ходе экспериментов получают новые и может быть ошеломляющие для сегодняшних дней научные данные.

Использование радиоактивных изотопов и

радиационной техники, создание новых прогрессивных конструкционных материалов, создание обширного класса контрольных приборов, средств автоматики, развитие быстродействующих ЭВМ — все это результаты новой техники, новых прогрессивных решений ядерной индустрии.

Медицина с самого начала зарождения атомной науки стала потребителем многих ее достижений (вспомним рентгеновские лучи). Ускорители заряженных частиц нашли свое применение, и очень широкое, в медицине в онкологических клиниках и больницах. В борьбе с злокачественными опухолями, раком успешно применяются различные терапевтические ускорители тяжелых частиц.

В борьбе с сердечной недостаточностью стали широко применять электрокардиостимуляторы с использованием радионуклидных источников питания на основе плутония-238 биомедицинской чистоты.

Нуклиды и ионизирующие излучения нашли свое применение в биологии и сельском хозяйстве. Специализированные гамма-установки используются для предпосевного облучения семян, в том числе и для селекции многих сельскохозяйственных растений. Среди работ, выполненных учеными сельхозакадемий, следует упомянуть о создании препарата клубеньковых бактерий — гамма ризоторфина, а также о проведении радиационной стерилизации и т. д.

Ядерная энергия во всех ее проявлениях приобрела важнейшее значение в научно-техническом прогрессе. Она фактически охватывает все области практических знаний.

Все это привело к тому, что зародившаяся ядерная индустрия страны в первые послевоенные (1945—1949) годы выросла ныне, к 2000 г., в гигантскую специализированную отрасль промышленности с большим числом научно-исследовательских институтов, конструкторских и проектных организаций и многими предприятиями, заводами, комбинатами, размещенными почти во всех основных регионах России, а также в СНГ (странах ближнего зарубежья).

Всего таких предприятий и организаций в системе Министерства РФ по атомной энергии более 250 с числом работающих до 1 млн. чел.

Политические и экономические реформы в России в 90-х годах нашего столетия привели к резкому сокращению выпуска оборонной

продукции в стране, в том числе и на предприятиях Минатома России, к необходимости перехода на производство потребительских товаров, нужных рынку. Конверсия на заводах сопровождалась переходом на другие виды изделий и проходила далеко не безболезненно.

Нужно было искать и находить в новых экономических и рыночных условиях другие пути выхода из кризиса при сокращении ранее выпускаемых оборонных видов продукции.

Горно-рудная промышленность Минатома нашла выход в освоении месторождений алмазов в Архангельской обл., месторождений золота в Иркутской обл. — «Сухой Лог» и т. д.

Промышленные предприятия на Урале приступили к выпуску видеокассет в 30 млн. штук в год, к производству дожигателей для выхлопных газов автомашин, к производству и выпуску аудиокассет и пленки для них мощностью в 25 млн. штук в год, к изготовлению элегазовой аппаратуры, оборудования для нефтегазовых комплексов.

Освоено производство радиационно-легированного кремния на Комбинате «Маяк».

Выпущены партии новых материалов на основе фторида бария, лития, кальция для детекторов ионизирующих излучений на Ангарском электролизном химическом комбинате.

Создан промышленный комплекс по производству кварцевого волокна в ядерном Центре (Челябинск-70) для волоконно-оптических линий связи.

Красноярский горно-химический комбинат освоил промышленный комплекс по выпуску монокристаллического арсенида галлия, а также особо чистых алюминия, германия, теллура и др.

В рамках программы «Медтехника», кроме электрокардиостимуляторов и других видов изделий и оборудования, необходимых для медицинских учреждений, начат выпуск аппаратов «искусственная почка» и др.

В ряде случаев создаются совместные технологии с западными фирмами по выпуску новых видов изделий и аппаратуры. Совместно с фирмой «Филипс» организовано производство лазерных видеопроекторов и видеомагнитофонов.

В Уральском регионе предприятиями отрасли создано производство цветных кинескопов.

Этим небольшим числом примеров мы хотим показать, что специализированная ядерная отрасль российской промышленности в

состоянии решать многие экономические и хозяйственные задачи, ища выход из труднейшего положения сокращения выпуска своих сугубо специфических изделий и продукции оборонного назначения.

Доля военной продукции в специально созданных предприятиях ядерной индустрии в период 1988—1995 гг. сократилась в 3 раза. Это неумолимо привело к необходимости сокращения рабочих мест, к появлению безработицы людей, приспособленных к автоматизированным и очень специфическим видам труда.

Реконверсия в ядерной индустрии проходит с большими трудностями и потерями. Спад конверсионного производства требует найти компромисс между экономической и коммерческой целесообразностью и решительным предотвращением падения потенциала конверсии со стремлением сохранить при всех трудностях уникальные научные и инженерные кадры. Все это невозможно обеспечить без крупных государственных, федеральных мероприятий, без поддержки Правительства России.

Чрезвычайно показателен своей значимостью факт, определяющий особую важность ядерной индустрии. Так, за многие годы при всех реорганизациях в народном хозяйстве в Советском Союзе и России, включая выборы президента и создание нового правительства России, Минсредмаш, Минатомэнерго всегда оставались без изменений, без распылений, не в пример многим другим промышленным министерствам и ведомствам, которые в результате всяких реорганизаций либо исчезали, либо вновь появлялись, но уже в другом виде, в другом качестве.

И еще нельзя не подчеркнуть и особый статус Минатомэнерго, его организаций, его интеллектуальную научную мощь.

Среди работающих в организациях Министерства очень большое количество ученых, специалистов, дипломированных различными званиями и степенями. Так, в нашей отрасли работают около 30 тыс. докторов и кандидатов наук, в том числе 60 действительных членов и членов-корреспондентов Российской Академии наук и других специализированных научных Академий, 324 профессора, 247 доцентов, а также очень много старших и младших научных сотрудников.

Нет в нашей стране ни одной другой отрасли промышленности, в которой работало бы хоть приблизительно такое же количество уче-

ных «звезд». Это собственно и определяет научный потенциал и высокий уровень квалификации атомной промышленности России и ее вес и авторитет в России и в мировом сообществе.

Научно-технический прогресс XX века неразрывно связан с открытием, получением и использованием внутриядерной энергии атомов.

Главным стержнем научно-технического прогресса XX века, его основой является ядерная наука и техника. XX век ознаменовался чудесным открытием учеными разных стран и народов внутриядерной энергии тяжелых атомов. В это открытие большую лепту внесли и советские ученые, в том числе и в годы, предшествующие началу (1941 г.) войны с Германией.

Открытие нового источника энергии, найденного учеными, могло произойти только в XX веке, когда к этому времени сложились все достижения научных и технических знаний людей, позволивших подойти и осуществить это уникальное открытие.

Ядерная наука и техника стала катализатором и генератором идей научно-технического прогресса.

До 40-х годов XX столетия ядерная физика принадлежала «чистой науке» и не преследовала какие-либо практически полезные цели. Но вспыхнувшая мировая война и агрессивные действия гитлеровской Германии подвигли страны демократии к необходимости быстрее овладеть внутриядерной энергией атома и использовать ее в военных целях.

Овладение ядерной энергией как новым источником энергии — событие уникального значения, оказавшее влияние на всю деятельность человеческого общества, на баланс сил в мире.

Это величайшее и ни с чем не соизмеримое в прошедшие века достижение человечества, его науки и техники. Проникновение вглубь атома, в кладовую тайн природы, превосходит все, что когда-либо удавалось сделать людям. Для открытия и высвобождения внутриядерной энергии атома потребовались такой высокий уровень науки, такое развитие техники, такое накопление знаний, какое смогло сло-

житься, образоваться в мире только к середине XX столетия.

Но от открытия и получения возможности высвобождения внутриядерной энергии атомов в лабораторных условиях до получения в промышленных количествах ядерных делящихся веществ плутония и изотопов урана-235 огромная дистанция. В этих целях нужно было создать крупнейшую, многоотраслевую и сложнейшую особоспециализированную промышленность с высокоразвитой инфраструктурой.

Именно об этом и рассказывается в нашей книге.

В создании ядерной индустрии России, принимали участие десятки тысяч наших людей, лучшие ученые, инженеры, физики, химики, металлурги, энергетики, биологи, машиностроители, строители многих профессий, специалисты разных отраслей науки и техники. Они вложили в нее все свои умственные и физические силы и возможности, а нередко и здоровье, и саму жизнь.

И все это мы обязаны подчеркнуть и показать, ибо в нашем обществе есть люди, которые выступают против использования ядерной энергии и энергетики, считая ее «дамокловым мечом», занесенным над нами. Кстати, они упорно замалчивают, что этот «меч» — ядерная энергетика спасает нашу планету от неумолимо надвигающегося парникового эффекта.

Каждая новая и новейшая техника и технология имеет кроме положительных, позитивных качеств и некоторые отрицательные, с которыми надо бороться и которые надо преодолевать.

Этого нельзя отрицать и потому не будем вступать в ненужные и длительные дискуссии, скажем только, что шаманские заклинания противников великих достижений человечества в науке и технике показывают только их некомпетентность и сползание (даже против их желания) в бездну технического невежества.

Середина XX века, а это мы обязаны еще и еще раз подчеркнуть, стала знаменательна событием чрезвычайным, уникальным для всего человечества, овладением и использованием нового, ранее невиданного источника огромных масс энергии, заключенных в недрах тяжелых атомов.

І. РОДОНАЧАЛЬНИКИ СТАНОВЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ РОССИИ — ИНСТИТУТЫ И КБ

НПО «Радиевый институт (РИАН) им. В.Г.Хлопина»
за период с 1928 по 1950 гг.

А. М. Петросьянц

РИАН — один из старейших и славных институтов нашей страны, созданный в 1922 г. (на базе Радиационной лаборатории). Первым его директором стал великий русский ученый В. И. Вернадский (1863—1945 гг.), академик Российской Академии наук с 1908 г., выдающийся мыслитель, естествоиспытатель, минералог, кристаллограф, создатель наук геохимии, биогеохимии, основоположник учения о биосфере, которая (по идее В. И. Вернадского) под влиянием научных достижений постепенно переходит в новое состояние — ноосферу — сферу разума.

Создатель РИАН и его первый руководитель (в 1922—1939 гг.) В.И. Вернадский одним фактом своего участия придавал исключительный вес и авторитет этому институту.

Великой его заслугой было то, что В.И. Вернадский одним из первых в России понял значение открытия радиоактивности и радия для дальнейшего развития физики, химии, геохимии и биогеохимии. На заседании Российской Академии наук В.И.Вернадский в 1910 г. говорил: «...Теперь перед нами открываются в явлениях радиоактивности источники атомной энергии, в миллионы раз превышающие те источники сил, которые рисовались в человеческом воображении...». При его содействии и помощи крупный ученый нашего времени В.Г. Хлопин получил в 1921 г. первые препараты радия. Став директором Радиевого института Академии наук, В.И. Вернадский привлек к себе В.Г. Хлопина в качестве заместителя директора РИАН и заведующего химическим отделом.

В 1922 г. в одном из своих выступлений В. И. Вернадский сказал: «...Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не может сравниться все им раньше пережитое. Недалеко время, когда человек по-

лучит в свои руки атомную энергию — такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать ту силу, которую неизбежно должна дать ему наука? Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за последствия их открытий. Они должны связать свою работу с лучшей организацией всего человечества».

Вчитываясь в эти слова В.И. Вернадского, сказанные в далеком 1922 г., когда до открытия нейтрона английским физиком Дж. Чедвиком в 1932 г. надо было ждать 10 лет, а до открытия немецким химиком Отто Ганом деления ядер урана под действием нейтронов в 1938 г. — еще 16 лет, надо лишь удивляться прозорливости великого русского ученого, так далеко смотрящего вперед. Его опасения, что величайшее открытие XX века по высвобождению внутриядерной энергии атома может пойти не на пользу человека, а во вред ему, подтвердились бомбардировкой американскими ядерными бомбами японских городов в августе 1945 г. Создавая Радиевый институт, В.И. Вернадский стремился приблизить освоение радиоактивных элементов на пользу людям.

Радиевый институт долгое время был единственной научно-исследовательской организацией в нашей стране, в которой началось зарождение отечественной физики атомного ядра и которая занималась изучением радиоактивности и ядерных реакций. В 1932 г. В.Г. Хлопин указывал в своих сообщениях, что задача РИАН — это изучение проблем атомного ядра

и его приложений. Здесь была создана теория альфа-распада атомных ядер.

Первая отечественная работа по делению ядра была выполнена Л.В. Мысовским (заведующим физическим отделом РИАН) совместно с А.П. Ждановым (из РИАН) и опубликована под названием «Наблюдение ядер отдачи при бомбардировках нейтронами» 7 марта 1939 г., т. е. всего лишь через два с лишним месяца после открытия деления ядер урана в Германии.

В.И. Вернадский также считал главной задачей изучение радиоактивных веществ в пределах России, в том числе систематическое исследование радиоактивности воздуха, вод и минеральных источников.

В 1932 г. на Всесоюзной конференции по радиоактивности В.И. Вернадский говорил: «...Мы сейчас находимся на новом подъеме, этот подъем только начинается. С одной стороны, имеем открытие нейтрона, что приводит нас реально к вопросу о создании синтеза химических элементов, а с другой стороны — те огромные новые пути, которые открываются в вопросе о ядре атома... Можно также говорить о вхождении в человеческую жизнь новой могучей формы энергии, энергии атомной, энергии ближайшего будущего...».

Весной 1932 г. в РИАН по инициативе Л.В. Мысовского при большой поддержке В. Г. Хлопина было начато строительство первого в Европе циклотрона, электромагнит которого имел диаметр полюсов 1 м. Американский циклотрон, на котором начал работу физик Э. Лоуренс, имел электромагнит с диаметром 27 см. В 1936 г. на циклотроне был получен первый пучок протонов с энергиями в 2 000 000. В при токе около 10 А. В те годы это было большим достижением. На этом циклотроне ценные исследования провели И.В. Курчатова, М.Г. Мещеряков, Н.Ф. Волков, А.И. Алиханов и др.

В физическом отделе РИАН с 1939 по 1941 гг. по совместительству работали А.И. Алиханов, А.И. Лейпунский, В.П. Желепов и многие другие выдающиеся ученые. Работы по проблемам атома развивались и в других научных центрах России: в ЛФТИ (Ленинград), в ХФТИ (Харьков) и др.

30 июля 1940 г. президиум Академии наук образовал Комиссию по проблеме урана и ее председателем назначил директора РИАН (с 1939 г.) академика В.Г. Хлопина. В РИАН, будучи директором, В.Г. Хлопин возглавлял хи-

мический отдел, где он развивал радиохимию. Большой нужды в те довоенные годы в этом еще не было, но готовиться к развитию большой химии он считал нужным, ощущая ее перспективы. Радиохимические исследования проводились на облученном уране. В.Г. Хлопин, как первый непосредственный организатор в стране производства радия, стал основателем советской школы радиохимии.

РИАН как комплексное научное учреждение по исследованию радиоактивности развернул широким фронтом работы в области химии, физики и геохимии радиоактивных элементов. В этом главная заслуга В.И. Вернадского, который был одновременно заведующим геохимическим отделом, и В.Г. Хлопина, его заместителя и одновременно заведующего химическим отделом. Руководство физическим отделом было поручено Л.В. Мысовскому. Такая комплексная структура РИАН полностью оправдала себя и вывела его впоследствии на передовые рубежи проблем атома. В РИАН были выполнены фундаментальные исследования в области химии и технологии получения радиоактивных элементов. Такие ученые В.Г. Хлопина, как А.П. Ратнер, Б.А. Никитин, создали теорию адсорбции микрокомпонентов кристаллическими осадками к получению молекулярных соединений радона и других благородных газов.

В химию радиоактивных элементов, в том числе и искусственных, внесли свой творческий вклад М. С. Меркулов, В. И. Гребенщиков, И.Е. Старик, З.К. Герлинг. Работы по проведению поисков и определению содержания природного гелия и аргона привели к созданию новой отрасли промышленности — гелиевой.

В год нападения Германии на СССР (на Менделеевских чтениях 17 марта 1941 г.) В.Г. Хлопин выступил с докладом «Превращение элементов и периодический закон» и имел право заявить, что «искусственные радиоактивные элементы дают возможность создать новые могущественные методы исследования, которые позволяют совершенно по-новому подойти к изучению ряда физических, химических и биологических процессов... Особенно намечается возможность частичного использования внутриатомной энергии. В процессе деления урана под действием нейтронов, сопровождающегося выделением большого числа нейтронов, чем их затрачивается на то, чтобы

этот акт вызвать, мы встретились с атомной реакцией, которую при известных условиях можно превратить в цепную и, таким образом, использовать колоссальное количество энергии, которая при этом высвобождается». Заканчивая свой доклад, В.Г. Хлопин сказал, что задача получения внутриядерной энергии еще не решена, но некоторая надежда на ее положительное решение уже имеется.

Начатая 22 июня 1941 г. война полностью прекратила в СССР все работы по ядерной тематике. Все силы и средства были направлены на фронт, на борьбу с фашизмом. В июле 1940 г. В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман и В.Г. Хлопин обратились в Правительство и Академию наук с письмами, в которых настоятельно требовали для проверки возможности практического использования внутриядерной энергии помощи и средств.

Академики очень четко конкретизировали свои предложения, желая приблизить получение внутриядерной энергии для ее использования в интересах своей страны. Для характеристики предлагаемых ими мероприятий укажем только на одно: «Срочно приступить к выработке методов разделения изотопов урана и конструированию соответствующих установок, для чего поручить Комиссии по изотопам совместно с Комиссией по атомному ядру в двухмесячный срок наметить учреждения и лиц, которые должны этим заниматься». К этому следует добавить, что такие Комиссии уже существовали и действовали, а за год до войны (июль 1940 г.) была образована Комиссия по проблеме урана под председательством академика, директора РИАН В.Г. Хлопина, и что, таким образом, предложения по практическим действиям шли по прямым адресам. РИАН как центр радиационных и ядерных проблем был ведущим. Без эрудиции, таланта и огромного опыта В.Г.Хлопина, замечательного коллектива РИАН, богатого талантами и упорством в достижении намеченных целей, трудно было бы представить себе, как можно было в короткие исторические сроки, без всякой помощи извне, только своими силами создать радиохимическую промышленность Советского Союза.

Сразу же по окончании изнурительной и разрушительной войны с Германией, в августе 1945 г., пришлось приступить к созданию основ ядерной промышленности для производ-

ства ядерных бомб. Перед коллективом РИАН была поставлена ясная, но исключительно трудная по техническому выполнению задача — разработать и создать в кратчайшие сроки технологическую схему выделения плутония из облученного урана, т. е. создать радиохимическое производство. Под руководством талантливого русского ученого, патриота своей Родины В.Г. Хлопина и его учеников и соратников такая сложная технология в удивительно короткие сроки была создана, но, к сожалению, не без потерь от переоблучения многих ее творцов и участников.

Первый радиохимический завод под условным названием «Б» создавался на Южном Урале, там же где был сооружен первый промышленный реактор «А» для облучения урана и наработки плутония, т. е. на Комбинате № 817 («Маяк»).

Основной задачей технологического процесса на радиохимическом производстве «Б» была организация ацетатно-фторидной технологии с растворением полученных с завода «А» облученных урановых блочков, отделение высокоактивных продуктов деления от урана и плутония, получение концентрированных растворов плутония и передача их на производственный объект «В». На объекте «В» в химико-металлургическом производстве изготавливали изделия, полусферы из металлического плутония для закладки их в ядерные бомбы. Полученный на заводе «Б» концентрированный после отделения от урана и продуктов деления раствор плутония должен был подвергаться дополнительной очистке, чтобы при поступлении его к металлургам плутоний имел минимальные гамма- и бета-излучения. Разрабатывал и осуществлял эту технологию Радиевый институт под личным руководством академика В.Г. Хлопина. В РИАН была создана значительно более сложная по сравнению с ранее существующей технологией для наработки радия радиационная химия получения микроколичеств радионуклидов. В результате использования учеными РИАН законов распределения веществ между различными фазами: жидкость — твердая фаза, раствор — раствор, жидкость — газ — стало возможным отделение плутония от урана и от продуктов деления. При этом сыграл свою роль закон, открытый в 1924 г. Хлопиным, который нашел свое место в химии как «Закон Хлопина».

Он трактуется так: если два вещества изоморфны и концентрация одного из них в рассматриваемой системе мала, то распределение микрокомпонента между кристаллической фазой и раствором при постоянных температуре и давлении характеризуется постоянной величиной и не зависит от количественного соотношения фаз.

Единственным институтом в стране, способным быстро организовать выделение плутония из высокоактивного сырья и очистку урана от продуктов деления в промышленных масштабах, был только РИАН. В своем составе РИАН имел высококвалифицированных физиков, радиохимиков, радиометристов и других специалистов, работающих с радиоактивными материалами. Вот почему именно РИАНу было поручено создать технологию радиохимического производства, а научным руководителем был назначен академик В.Г. Хлопин.

Технология, разработанная РИАН, была вначале проверена на близком химическом аналоге плутония нептунии, короткоживущем изотопе нептуний-239. Период полураспада нептуния-239 составляет всего около 2,3 сут. Воспитанники и соратники В.Г. Хлопина Б.А. Никитин, А.П. Ратнер, В.И. Гребенчиков, И.Е. Старик, К.А. Петржак, В.М. Вдовенко, Б.П. Никольский, А.А.Гринберг и другие создали промышленную технологию радиохимического производства, без которой не было бы возможно освоение и создание ядерного оружия. Многие из них, включая и самого В. Г. Хлопина, ушли раньше времени из жизни, подвергшись радиоактивному переоблучению.

Дозы облучений на первом радиохимичес-

ком заводе в его первые годы работы были в среднем такими: в 1949 г. — 48 бэр за год; в 1950 г. — 94 бэр за год; в 1951 г. — 113 бэр за год. Доза, установленная и допустимая для человека, была много позднее определена в 5 бэр за год. По первому году работы радиохимического производства (1948 г.) данных нет, но можно с уверенностью предположить, что эти дозы были значительно более высокими.

Ученые и руководители объектов, цехов и участков, торопясь и ускоряя процесс создания ядерного оружия, шли на многие, недопустимые в современном представлении нарушения, тяготы и сложности по технике безопасности для человека. Первопроходцы всегда шли впереди, принимая на себя все, и во многом излишние, удары, опасные для здоровья и жизни. В последующем, при создании специальных приборов и установок, директивных норм и правил по соблюдению техники безопасности, все было приведено в норму со строгим соблюдением всех принятых инструкций и правил. Но все это было в последующем, после нескольких лет работы ядерной промышленности.

В.Г. Хлопин, крупнейший советский ученый, основатель радиохимической науки, после продолжительной и тяжелой болезни скончался 10 июля 1950 г. Годом раньше радиохимический и металлургический объекты Комбината № 817 передали металлический плутоний в виде полусфер для закладки в первую советскую ядерную бомбу. Испытание ядерной бомбы с плутониевым зарядом успешно завершилось в августе 1949 г. Радиевый институт имени В. Г. Хлопина по праву носит имя основателя и создателя радиохимической науки.

НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина» за период 1950—1996 гг.*

А. А. Римский-Корсаков, Е. И. Ильенко, Е. В. Королев, Л. А. Плескачевский, В. В. Смирнов

СТАНОВЛЕНИЕ ИНСТИТУТА

Период, наступивший после 1950 г., т. е. после создания основ ядерной промышленности Советского Союза, пуска первого комбината по производству плутония и первого испытания ядерного оружия, был для Радиевого института периодом все более полного и глубокого вхождения в проблемы ядерной отрасли страны и увязки его работ непосредственно с задачами ядерной промышленности. Важным следствием этого было изменение статуса института — переход его из системы АН СССР в систему Министерства среднего машиностроения в 1961 г.** Изменилось название института: Радиевый институт имени В.Г. Хлопина АН СССР (РИАН) стал называться Государственный Радиевый институт (ГРИ).

В 1987 г. институт был преобразован в научно-производственное объединение «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» в связи с развитием института и созданием ряда самостоятельных его отделений, филиала и производственной базы в г. Сосновый Бор (Указ Президиума Верховного Совета СССР № 82-65-ХІ от 31.12.87).

За эти годы институт возглавляли директора (с 1988 г. — Генеральные директора):

1950—1952 гг. — член-корр. АН СССР
Б.А. Никитин;

1953—1972 гг. — член-корр. АН СССР
В.М. Вдовенко;

1972—1989 гг. — доктор техн. наук, проф.
Л.Н. Лазарев;

1990—1996 гг. — доктор техн. наук, проф.
А.И. Карелин;

с 1996 г. — доктор физ.-мат. наук А.А. Римский-Корсаков.

Основные работы в области прикладной радиохимии в период от 1950 г. до середины 60-х годов были связаны с совершенствованием разработанной в РИАН и действующей на радиохимическом Заводе «Б» Комбината 817 ацетатной технологии получения оружейного плутония. Многочисленные изменения в технологии, внедренные в производство по разработкам Радиевого института и с его участием, были направлены на повышение выхода и качества плутония при одновременном повышении производительности завода в целом, а также на обеспечение безопасности производства и снижение количества сильно засоленных радиоактивных отходов. По мере ввода в строй Томского и Красноярского комбинатов многие из разработок, выполненных для Челябинска-40, были внедрены (иногда с вариантами) и на этих двух комбинатах.

Весьма важным этапом усовершенствования технологии является внедрение в 1952 г. цельно-ацетатной технологии взамен ацетатно-фторидной («схема ББ»), что исключило использование крайне неустойчиво работающего и опасного фторидного передела. Другим важным достижением было внедрение в конце 50-х годов осаждения натрийуриилацетата в присутствии пероксида водорода, что значительно улучшило очистку урана и плутония, резко повысило производительность и снизило объем сбросных растворов.

В начале 60-х годов внедрение поддува кислорода в процесс растворения урановых блоков привело к сокращению расхода азотной кислоты, уменьшению количества отходящих газов и выбросов активных аэрозолей.

Наиболее крупным достижением РИАН в совершенствовании ацетатной технологии было создание принципиально новой схемы — осадительно-сорбционного варианта технологии. Основу этого усовершенствования составило внедрение сорбционного аффинажа плутония и нептуния, что позволило резко сокра-

*В подготовке материала для статьи принимали участие: Н. А. Абрамова, С. В. Бутомо, Е. А. Шашуков.

** РИАН перешел в ведение ГКАЭ СССР по постановлению ЦК КПСС и СМ СССР в апреле 1961 г.

тить и упростить технологическую схему. Это было решающее усовершенствование, которое привело к значительному повышению производительности радиохимических заводов на всех трех комбинатах и получению высококачественного плутония. Внедрение сорбционного аффинажа позволило отказаться от строительства новых линий для переработки облученных урановых блоков, а также от строительства новых, уже проектировавшихся заводов, поскольку действующие объекты стали полностью обеспечивать выполнение программы производства плутония.

Работы этого периода были выполнены под руководством и при непосредственном участии Б.П. Никольского, который с начала 50-х годов был научным руководителем химических работ на Комбинате 817, а затем научным руководителем радиохимической технологии отрасли. Большой вклад в совершенствование ацетатной технологии внесли сотрудники Радиевого института А.П. Ратнер, В.И. Парамонова, А.А. Гринберг, М.В. Посвольский. В разработках и внедрении новых процессов большое участие принимали сотрудники института В.И. Андреев, С.А. Бартенев, Л.И. Крылов, Е.Л. Мордберг, В.П. Попик, Е.А. Шашуков и др.

Вместе с этим стала очевидной нецелесообразность дальнейшего совершенствования осадительной технологии, так как никакие усовершенствования метода осаждения принципиально не могут решить проблему засоленных отходов. Это обстоятельство стимулировало ускоренные разработки экстракционной технологии в сочетании с сорбционным аффинажем.

Реконструкция цепочки по выделению оружейного плутония на Заводе «Б» Химкомбината «Маяк» в Челябинске-40 была осуществлена в период 1976—1979 гг. В основу была положена одноцикличная в линии урана экстракционная технологическая схема с сорбционной доочисткой реэкстракта и упариванием рафинатов, разработанная в защитных камерах на «Маяке» комплексной бригадой из сотрудников НИИ-9, Радиевого института, НИИ-10 и «Маяка». Этому внедрению предшествовала длительная исследовательская работа каждого из научных коллективов, в том числе и на реальном продукте, под научным руководством В.Б. Шевченко, М.Ф. Пушленкова, Б.Н. Ласкорина, В.И. Землянухина и директора завода М.В. Гладышева.

Результаты научных исследований были проверены на заводской опытной установке. В процессе использовались пульсационные смесители-отстойники (СО) конструкции НИИХИММАШ, усовершенствованные на «Маяке».

Полученный опыт был использован при проведении исследовательских работ и внедрении целено-экстракционной технологии с применением СО с механическим перемешиванием на Горно-химическом комбинате (Красноярск-26), завершенных в тот же период с участием ГРИ, НИИ-10 и НИИХИММАШ. Внедрение экстракционной технологии с применением пульсационных колонн на Сибирском химическом комбинате произошло несколько позже с участием научных коллективов из НИИ-9 и ГРИ.

Разработки экстракционной технологии, начатые в 40-х годах Б.А. Никитиным, были продолжены в Радиевом институте В.М. Вдовенко, а затем М.Ф. Пушленковым, В.Г. Шумковым, В.Г. Воденом, Б.Я. Зильберманом, Л.Б. Шпунтом.

Практически одновременно с внедрением экстракционной технологии получения оружейного плутония в Радиевом институте разрабатывается технология переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) энергетических реакторов.

В 1970 г. Радиевый институт был назначен головным в отрасли по проблемам получения оружейного плутония, а в 1971 г. — по проблемам фундаментальной радиохимии и одновременно по созданию технологии для нового завода переработки топлива реакторов ВВЭР-1000. В настоящее время институт является координатором работ по научному обеспечению проектирования и строительства нового завода по переработке ОЯТ АЭС с реакторами ВВЭР-1000, Завода РТ-2, который должен быть создан на Горно-химическом комбинате Железнодорожска.

В Радиевом институте разработана технология, которая составила основу проекта Завода РТ-2. Технология содержит много оригинальных решений, направленных на обеспечение безопасности как в процессе эксплуатации завода, так и при долговременном хранении радиоактивных отходов (РАО).

Основной особенностью технологии Завода РТ-2 в ее современном варианте является не имеющая в мире аналогов схема обращения с РАО. Ее основу составляет фракционирование

технологических радиоактивных отходов в соответствии с периодами полураспада, химическим поведением, уровнем и природой радиоактивности отдельных радионуклидов. Фракционирование начинается уже на первом цикле экстракционной очистки урана и плутония, где в отдельные фракции выделяются нептуний, технеций и цирконий. На стадии экстракционной переработки высокоактивного рафината выделяются в отдельные фракции молибден, цезий и стронций, актинидные и редкоземельные элементы, причем для выделения двух последних фракций впервые в качестве экстрагента используется хлорированный дикарбонил кобальта в полярном растворителе. Образование таких фракций позволяет для каждой из них найти наиболее подходящие матрицы для отверждения и создать соответствующие условия долговременного хранения или захоронения. Одновременно Радиевый институт ведет геологические и геохимические исследования региона расположения Горно-химического комбината для выбора места расположения могильника РАО. Создана система мониторинга района расположения РТ-2, где ведутся систематические экологические исследования.

Предполагается очистка газовых выбросов Завода РТ-2 от оксидов азота, радиоактивных аэрозолей, йода-129 и криптона-85, причем йод-129 вводится в стекломатрицы для последующего захоронения, а криптон-85 хранится в виде концентрата в специальных контейнерах.

Таким образом, достигнута комплексное решение проблемы обращения с РАО. В Радиевом институте проработаны практически все узлы технологической схемы Завода РТ-2, а также аналитический контроль, в том числе, дистанционные методы контроля; велась также разработка АСУ ТП.

Поскольку для действующего завода важно обеспечить использование его продукции, в частности, смешанных диоксидов урана и плутония, проект завода предусматривает создание производства по подготовке смешанных оксидов к рециклу в энергетических реакторах: изготовление топливных таблеток, твэлов и уран-плутониевых тепловыделяющих сборок ТВС.

Интересная особенность технологии связана с использованием плазмохимических процессов: получение порошка закиси-оксида урана при денитрации концентрата уранилнитрата и

получение порошка смешанных диоксидов урана и плутония из смешанного раствора их нитратов.

Завод РТ-2 — завод будущего, поэтому технология его продолжает развиваться, в нее на основе новых прогрессивных разработок вносятся изменения, учитываются новые требования безопасности. Ведущим разработчиком в области радиохимической технологии переработки ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 остается Радиевый институт, который как головной институт по данной проблеме обеспечивает комплексное решение всех задач, связанных с созданием нового радиохимического объекта. Работающий на базе института Координационный научно-технический совет (КНТС) позволяет объединить и скоординировать работу многих организаций, связанных с разработкой технологии, оборудования и проекта Завода РТ-2.

Создание Завода РТ-2 необходимо для обеспечения возможности осуществления в России замкнутого ядерного топливного цикла (ЯТЦ), так как реакторы ВВЭР-1000 в настоящее время являются наиболее распространенным и современным типом реакторов на российских АЭС. Переработка ОЯТ обеспечивает не только возвращение в энергетику не использованных в одном цикле облучения ядерных материалов, но и получение сбросных радиоактивных веществ в наиболее концентрированном виде, позволяющем организовать их долговременную изоляцию от биосферы.

С начала 70-х годов общее руководство технологическими разработками в Радиевом институте осуществляет Л.Н. Лазарев, который до настоящего времени является председателем КНТС по научному сопровождению проектирования и строительства Завода РТ-2. Руководителями работ являются Р.И. Любцев, Б.Я. Галкин, В.Н. Романовский, Е.Б. Андерсон, Б.Я. Зильберман, В.И. Орлов, В.А. Старченко, В.М. Есимантовский, В.К. Исупов, Ю.В. Кузнецов, В.П. Тишков, В.К. Легин, Д.Н. Быховский, П.И. Федотов, Б.А. Бибицев, Д.И. Гусев, Ю.М. Рогозин, А.С. Алой, В.П. Попик.

Говоря о работах в области прикладной радиохимии, нельзя не выделить разработки Радиевого института по обращению с радиоактивными отходами.

В 50—60-х годах в институте были разработаны многочисленные методы сухой дезакти-

вазии для очистки загрязненных поверхностей различных конструкционных материалов АЭС, радиохимических заводов и других объектов. Методы были основаны на применении малых объемов десорбирующих растворов в сочетании с селективными органическими и неорганическими сорбентами (В. Н. Щebetковский, Н. И. Ампелогова и др.).

При решении задач обращения с газовыми выносами предприятий ядерной промышленности и энергетики были разработаны индивидуальные и комбинированные схемы очистки газов от РБГ, летучих соединений радиоioda, органических растворителей и т. д. При этом использовались методы сорбции и криогенной дистилляции, мембранная техника и т. п. Ведущая роль в этих разработках принадлежит А. М. Трофимову, В. К. Исупову, А. Б. Колядину, А. А. Палладиеву, Т. Н. Казанкину, В. А. Смирнову.

Началом систематических работ в Радиевом институте по проблемам жидких радиоактивных отходов, по-видимому, можно считать исследования, выполненные Ю. В. Кузнецовым и В. Н. Щebetковским, по очистке питьевой воды от радионуклидов, которые проводились в 60-е годы в рамках специальных задач. Это позволило приобрести определенный опыт обращения с жидкими низкоактивными отходами с использованием методов очистки на основе коагуляции и сорбции.

В 70-е годы были начаты исследования по обезвреживанию жидких отходов низкого и среднего уровня активности.

Для переработки жидких отходов, содержащих тритий, были разработаны методы, основанные на использовании негашеной извести для химического связывания этого радионуклида с последующим включением продуктов в битумные компаунды (В. Н. Щebetковский).

С конца 70-х годов проблема обращения с РАО вошла в число ведущих направлений работ Радиевого института, исследования проводились применительно к разным стадиям ядерного топливного цикла (АЭС, заводы по переработке отработавшего топлива, станции по хранению и захоронению отходов и т. д.).

Внимание к этой проблеме было усилено в связи с вышедшим в 1992 г. постановлением Правительства России от 12 марта 1992 г. с поручением привести проект Завода РТ-2 в соответствие с требованиями нового природоох-

ранного законодательства и, прежде всего, с законом «Об охране окружающей природной среды».

Проблему обращения с высокоактивными отходами (ВАО) институт решает комплексно, придерживаясь при этом концепции многобарьерной защиты при долговременном хранении опасных радионуклидов. Роль защитных барьеров, локализирующих радионуклиды, выполняют стеклоподобные, стеклометаллические и керамические матрицы, упаковочные контейнеры и геологическая среда хранилищ глубокого залегания.

Общее руководство этими работами осуществляют Л. Н. Лазарев, В. Н. Романовский, Р. И. Любцев, Е. Б. Андерсон, Ю. В. Кузнецов.

В институте разработан большой набор матриц для иммобилизации ВАО и/или их отдельных фракций. Разрабатываются также методы синтеза и изучаются свойства устойчивых в масштабе геологического времени минералоподобных композиций, избирательно вмещающих различные экологически опасные радионуклиды.

Как уже упоминалось выше, фракционирование отходов и раздельное отверждение фракций Sr-90 + Cs-137 и ТУЭ позволяют более рационально и экономно решить проблему надежного долговременного хранения и захоронения отходов.

В последние годы определенное внимание уделяется изучению процессов трансмутации долгоживущих радионуклидов.

С 70-х годов в Радиевом институте (А. С. Кривохатский, Ю. М. Рогозин, В. Г. Савоненков) развернулись интенсивные работы по геологическому, геохимическому и радиохимическому обоснованию использования геологических формаций для захоронения промышленных радиоактивных отходов в целях надежной изоляции их от биосферы. Установлены требования к горным массивам, рассматриваемым в качестве возможных сред для захоронения отходов с учетом принятых в мире принципов радиационной безопасности. Специалистами института исследуются формы нахождения и миграции радионуклидов в природных средах, их физико-химическое поведение при контакте с различными типами пород, сохранность пород в условиях залегания с привлечением методов ядерной геохронологии. Детально изучаются особенности глубин-

ного захоронения высокорadioактивных отходов в толщах каменной соли и в гранитах. Ведутся геологические и геохимические исследования в регионе возможного создания могильника РАО в Красноярском крае, вблизи создающегося Завода РТ-2. Было оценено возможное воздействие пунктов захоронения радиоактивных отходов на окружающую среду в нормальном режиме эксплуатации и в аварийных случаях (Е.Б. Андерсон, В.Г. Савоненков, Ю.М. Рогозин, Р.В. Брызгалова).

Работы в области радиохимической технологии инициировали многочисленные фундаментальные исследования как процессов соосаждения, сорбции и экстракции актинидных и осколочных элементов, так и их свойств. Эти работы возглавляли Б. П. Никольский, А.А. Гринберг, В.И. Парамонова, В.М. Вдовенко, М.Ф. Пушленков. Под их руководством работали большие коллективы сотрудников, ведущие из которых отмечены при упоминании соответствующих направлений работ.

В процессе этих исследований были детально изучены распределение осколочных элементов между осадками и растворами по всей технологической цепочке ацетатной схемы и зависимости их поведения от условий проведения процессов — окислительного потенциала среды, кислотности, присутствия комплексообразователей и т. д. (Л. Н. Степанова, Г. Г. Панфилова, Н.А. Абрамова, Е.И. Ильенко). Были выполнены большие циклы исследований гидролиза урана и его комплексообразования с различными лигандами — ацетатом, карбонатом, оксалатом (Л.А. Кочеванова, Н. М. Николаева, Л. Е. Никольская, Г.И. Петржак, Д.Н. Быховский). Изучались также гидролиз и ацетатное комплексообразование плутония (В.С. Дубровин, А.В. Вихлянцев, В.И. Гребенщикова и ее сотрудники, Ю.П. Давыдов, Э.М. Пазухин).

Большой цикл работ был выполнен по изучению взаимодействия соединений урана с пероксидом водорода, в результате которых были идентифицированы и изучены многочисленные пероксидные соединения урана (А.М. Гуревич, М.В. Посвольский, В.И. Андреев).

Под руководством А.А. Чайхорского проведены многоаспектные исследования химии нептуния.

Интересные работы были проведены по изучению окислительно-восстановительных

свойств плутония, в частности, реакций окисления плутония озонном (Е.А. Шашуков) и реакции индуцированного восстановления (М. В. Посвольский, Г. С. Марков). Детально исследовались состояние и поведение в различных средах и в разных процессах (осадительных, сорбционных, экстракционных) осколочных элементов с наиболее сложными химическими свойствами — рутения (Е. И. Ильенко, Л. Н. Лазарев), циркония, ниобия (Г. П. Никитина).

В плане исследований технологических процессов большое внимание уделялось изучению кинетики растворения урана в азотной кислоте, в том числе с поддувом кислорода (С. А. Бартенев).

Были детально изучены механизмы растворения в присутствии катализаторов металлического плутония и оксидов плутония, в том числе труднорастворимых высокопрокаленных оксидов (Г.П. Никитина, Ю.Е. Иванов).

Работа с высокоактивными технологическими продуктами привела к необходимости изучения радиационных эффектов. Особенно детально была изучена радиационная устойчивость разных типов сорбентов (Н.Б. Высокоостровская), а также влияние радиационных процессов на возникновение межфазных образований в экстракционных процессах (М.Ф. Пушленков, Г.С. Марков и др.).

Большой вклад работы Радиевого института внесли в теорию экстракционных процессов (В.М. Вдовенко, А.А. Липовский, Е.В. Комаров и др.).

В институте продолжалось развитие школы В.Г. Хлопина — изучались процессы сокристаллизации и соосаждения в растворах (В.И. Гребенщикова, Р. В. Брызгалова, Ю. П. Давыдов, Э.М. Пазухин и др.) и в расплавах (В.Р. Клокман, Ю.А. Барбанель, Ю.И. Родионов и др.).

Традиционное направление работ Радиевого института — исследование состояния микроколичеств радиоактивных элементов в растворах. Это направление развивалось школой И. Е. Старика с 30-х до начала 60-х годов. Было изучено большое количество систем, содержащих как естественные, так и искусственные радионуклиды, что позволило понять характер поведения микроколичеств вещества в зависимости от условий среды. Одновременно были разработаны и методики исследования состояния микроколичеств вещества в растворах, для

чего был привлечен широкий спектр физико-химических методов: адсорбция, десорбция, диализ, ультрафильтрация, центрифугирование, электрофорез, экстракция, ионный обмен. В этих работах активное участие принимали В.И. Гребенщикова, А.П. Ратнер, Н.И. Ампелогова, Ю.А. Барбанель, А.Б. Колядин, Н.Г. Розовская, А.Г. Самарцева, И.А. Скульский, В.Н. Щebetковский и др.

В конце 50-х — начале 60-х годов в связи с широко поставленными исследованиями химии урана, плутония и осколочных элементов и их сорбционного поведения был разработан метод ионообменного определения состояния вещества в растворе, заряда частиц микрокомпонентов и констант устойчивости комплексов в водных растворах (В.И. Парамонова, А.М. Трофимов).

Естественным развитием работ по химии актинидных элементов стали исследования структуры молекул и характера химических связей комплексов *f*-элементов в растворах, расплавах и кристаллических матрицах методами колебательной и электронной спектроскопии (Д.Н. Суглобов, В.А. Щербakov, Л.Г. Маширов, Ю.А. Барбанель и др.).

Среди фундаментальных исследований по радиохимии в последние годы особую значимость приобрело изучение поведения радионуклидов в окружающей среде. Развитие этого направления обусловлено, в основном, необходимостью предотвращения распространения в биосфере участвующих в ЯТЦ техногенных радионуклидов. Для этого в Радиевом институте были получены достоверные расчетные и экспериментальные данные о формах нахождения и миграции радионуклидов в природных условиях, в том числе при их глубинном захоронении. Изучены физико-химические процессы, происходящие с радионуклидами, включенными в состав отходов, под воздействием длительного времени (десятки тысяч лет), высоких температур, давлений и радиационных нагрузок, их перепадов, химических и биохимических реакций. Для получения этих данных потребуются комплексный подход с привлечением современных методов химической термодинамики, математического моделирования, геохимии глубинных процессов. Некоторые результаты исследований в этом направлении уже используются на практике при составлении прогнозов поведения долгоживущих радионуклидов в различных сре-

дах захоронения (работы Ю.В. Кузнецова А.С.Кривохатского, Р.В.Брызгаловой, Ю.М.Рогозина, Ю.В.Дубасова).

Другим важным направлением работ института было создание источников ионизирующих излучений. Это направление было традиционным для института с момента его создания. В 20—30-х годах были созданы источники на основе радия и радона, в 40-х годах, в период создания первой атомной бомбы, были разработаны источники на основе полония-210 для ядерных запалов.

В последующие годы с появлением реакторов и радиохимического производства появилась возможность получения разнообразных искусственных радионуклидов для создания источников ионизирующего излучения различного назначения.

Пионером этих работ, начатых в 1954 г., был Д.М. Зив, под руководством которого была создана промышленная технология изготовления закрытых источников α - и β -излучения, безопасных при использовании в различных областях народного хозяйства. В основе технологии лежал процесс фиксации радиоактивных веществ в слое неорганической эмали. В дальнейшем была отработана технология дополнительной герметизации слоя эмали тонкой пленкой диоксида титана. С использованием этой технологии на комбинате «Маяк» было налажено массовое производство источников для снятия зарядов статического электричества и источников для дымоизвещателей. Были разработаны термооксидный метод фиксации радионуклидов и способ герметизации поверхностных источников пленками металлического хрома.

Большой вклад в эти работы внесли Д.М. Зив, В.М. Пермяков, Г.С. Синицына, С.Л. Фаддеев, Ю.В. Мазурек, В.Г. Шумков.

С 60-х годов институт участвует в работах по созданию малой ядерной энергетики на основе радиоактивных изотопов.

Среди успешно завершенных в институте работ следует упомянуть создание в 1973—1974 гг. вибро-термопрочного источника γ -излучения на основе цезия-137 космического назначения в рамках программы «Союз-Аполлон», малогабаритных источников излучения для внутрисполостной терапии злокачественных образований, источников для дефектоскопии легких сплавов и др. Следует отметить,

что уже в ходе создания первых источников космического назначения стало ясно, что по мере расширения сфер применения закрытых источников, ужесточения условий их эксплуатации и требований по обеспечению радиационной безопасности и охраны окружающей среды решение материаловедческих проблем, проблем прочности и надежности должно получить наивысший приоритет. Это подтвердилось при переходе института к созданию радионуклидных источников тепла на основе плутония-238, обладающих нерастворимой высокотемпературной активной матрицей и удорожанием герметизирующей оболочкой.

Радиоохимики Радиевого института была разработана и внедрена технология выделения и очистки ^{238}Pu , в том числе, особо чистого продукта биомедицинского назначения. Многолетний коллективный труд исследователей и инженеров разного профиля ряда предприятий Минатома позволил накопить большой опыт и получить хорошие результаты при разработке источников тепла для имплантируемых электрокардиостимуляторов. Однако, известные черныбыльские события и последовавшая за ними волна радиофобии не позволили завершить работы внедрением их результатов в серийное производство.

Созданные в Радиевом институте источники тепла для электрогенераторов были предназначены для использования в космической и военной технике.

Созданием радиоизотопных источников тепла руководили В. В. Федоров, В. А. Архипов, О. Г. Трейман. Радиохимическая технология получения ^{238}Pu была разработана и внедрена под руководством В. И. Парамоновой, Н. Б. Высокоостровской, С. А. Бартенева, Ю. Е. Иванова, Л. И. Крылова.

В последние годы институт развивает еще одно направление применения радионуклидов: создание разнообразных радиолюминесцентных источников света на основе газообразных трития и криптона-85. Разработаны и находятся на стадии внедрения светильники повышенной яркости, разных цветов, различных размеров и форм (В.М. Окаминов, А.Г. Кавецкий и др.).

В 60-х годах по инициативе директора института член-корр. АН СССР В. М. Вдовенко было создано принципиально новое для института направление работ — синтез меченых биологически активных соединений. Это на-

правление успешно развивается до настоящего времени. В качестве метки используются тритий, углерод-14, иод. Перечень синтезируемых в институте соединений и выпускаемой на рынок радиоизотопной продукции, широко используемой в молекулярной биологии, генетике, биохимии, медицине и сельском хозяйстве, насчитывает не менее 150 наименований. При этом в номенклатуру входят компоненты нуклеиновых кислот, полинуклеотиды, углеводы, модификаторы белков, антибиотики, химиотерапевтические препараты и пр. Использование меченых соединений в биологических экспериментах предъявляет высокие требования к их качеству, т. е. к таким характеристикам, как молярная активность, а также радиохимическая и химическая чистота. Подавляющее большинство препаратов, выпускаемых Радиевым институтом, по своему качеству соответствует мировому уровню.

Руководителем работ этого направления с самого начала была В.Н. Боброва, а с 1975 г. — Ю. Л. Каминский.

Большой коллектив сотрудников института участвовал в испытаниях ядерного оружия на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, начиная со взрыва первой атомной бомбы, а также в проведениях ядерных взрывов в народно-хозяйственных целях. Уже в конце 40-х годов были разработаны и проверены в реальных условиях методы определения основных параметров взрыва (например, определение коэффициента полезного использования) с помощью радиохимических анализов продуктов взрыва в атмосфере. Эти работы продолжались и в 50-х годах. Кроме основных параметров взрыва, дифференцированно определялись выходы осколков деления ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{233}U под действием нейтронов разных энергий. Особо значимыми оказались результаты радиохимических анализов наземного взрыва первого термоядерного заряда 12 августа 1953 г., позволившие определить вклад реакций деления и термоядерного синтеза в общее энерговыделение.

Научные основы и методики радиохимического и радиометрического определения параметров испытываемых ядерных зарядов были развиты в Радиевом институте под руководством и при непосредственном участии И.Е. Старика, Б.С. Джеллепова, Ю.М. Толмачева, В.Н. Ушатского, Г.И. Петржака, К.К. Аг-

линцева, Ю.А. Немилова, А.Н. Протопопова. Исполнителями этих работ, кроме сотрудников института, были прикомандированные офицеры из военных институтов.

С 1962 г. в институте началась подготовка к подземным испытаниям ядерного оружия и взрывам в народно-хозяйственных целях. В 1964 г. было проведено комплексное исследование центральной зоны первого подземного ядерного взрыва В-1, осуществленного в 1961 г. в горизонтальной штольне горного массива Дегелен на Семипалатинском полигоне. Была получена ценная информация о поведении и распределении радионуклидов, о загрязнении горного массива, о физико-химическом и петрографо-минералогическом изменении гранита при подземном ядерном взрыве.

С 1965 по 1988 гг. специалисты института активно участвовали в реализации программы мирного применения ядерных взрывов. Были разработаны радиохимические основы новых геотехнологий с использованием подземных ядерных взрывов.

В 1965 г. с участием сотрудников института были осуществлены первые эксперименты в целях создания искусственного водоема и три взрыва в Башкирии — в целях интенсификации нефтяных месторождений. Специалисты института выполняли работы по радиационной безопасности, контролю объектов окружающей среды и лабораторные исследования возможности загрязнения нефти легкоподвижными радионуклидами. В 1966 г. с участием специалистов института был осуществлен уникальный эксперимент по гашению взрывом неуправляемого газового фонтана.

В эти же годы начался большой цикл опытно-промышленных разработок технологии создания подземных емкостей в залежах каменной соли, а также технологии получения трансурановых элементов с помощью подземных ядерных взрывов в галите. Первоначально эти работы проводились в Гурьевской обл. Казахстана на соляных куполах около пос. Б. Азгир, затем в Оренбургской, Астраханской и Уральской областях. Были созданы парки подземных емкостей для хранения продуктов переработки газа и нефти. Всего сооружено 25 технологических емкостей, многие из которых по настоящее время эксплуатируются в составе топливно-энергетических и газоперерабатывающих комплексов. В ходе опытно-про-

мышленных исследований ученые института получили уникальную информацию о воздействии ядерных взрывов на окружающую горную породу, поведении радионуклидов в условиях экстремальных температур, распределении радионуклидов в горном массиве, попадании их в хранимую продукцию. Были исследованы физико-химические процессы образования новых минералов и соединений при подземных ядерных взрывах.

Была разработана технология полупромышленного получения ^{239}Pu и ^{235}U путем термоядерных взрывов в каменной соли и разработаны научные основы для создания технологии крупномасштабного производства указанных энергетических радионуклидов, для обеспечения потребностей атомной энергетики на многие десятилетия.

Большой цикл исследований был выполнен при осуществлении программы сейсмондирования недр с помощью сейсмоволн подземных ядерных взрывов.

В результате проведения опытных работ по дроблению с помощью ядерного взрыва апатитовой руды на Кольском полуострове была разработана система управления поведением радионуклидов, позволившая получить дробленую руду, не содержащую радионуклидов.

Следует отметить еще один уникальный эксперимент по снятию действием подземного ядерного взрыва горных давлений в угольном массиве. Известно, что в Донецком угольном бассейне многие из разрабатываемых пластов являются опасными из-за внезапных выбросов угля и газа. Специалистами института была разработана система радиационной безопасности и осуществлялся ее контроль. После проведенного в 1979 г. на работающей шахте «Юнком» в г. Енакиево ядерного эксперимента на ней не отмечалось в последующем ни одного серьезного газового выброса. Контроль радиационной обстановки за пределами шахты продолжался до конца 1990 г.; выхода радионуклидов с шахтными водами на земную поверхность зарегистрировано не было.

С 1963 по 1990 гг. сотрудники института принимали активное участие в реализации программ подземных ядерных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском полигонах. Было исследовано несколько вскрытых полостей и центральных зон подземных ядерных взрывов в граните. В результате этих ис-

следований, так же как и при создании подземных емкостей, были получены многие параметры воздействия ядерного взрыва на горную породу, установлены температурные, барические и хронометрические зависимости, изучены фракционирование и распределение радионуклидов в горном массиве, получены характеристики долговременной устойчивости радиоактивных расплавленных пород к действию подземных вод, создана физико-химическая модель ядерного взрыва. Исследования ученых Радиевого института в области подземных ядерных взрывов совместно с сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского института экспериментальной физики (ВНИИЭФ) и других институтов в 1985 г. были отмечены Государственной премией СССР. От Радиевого института Государственной премии были удостоены Ю.В. Дубасов, А.С. Кривохатский, В.Г. Савоненков, Н.В. Сковородкин. Комплекс работ института, связанных с исследованиями по программам подземных ядерных взрывов, выполнялся под научным руководством В.М. Вдовенко, А.С. Кривохатского, Г.С. Сеницыной. Большой вклад в эти работы внесли также Ю.Г. Петров, В.И. Кацапов, Ю.В. Дубасов, Е.А. Смирнова.

С 1989 г. по поручению Минатома и Минобороны СССР специалисты института возглавляли работы по комплексному исследованию радиационной, сейсмической и санитарно-экологической обстановки на Семипалатинском и Новоземельском полигонах и прилегающих к ним территориях. В результате этих работ создана методология комплексного радиоэкологического обследования больших территорий в радиусе до 1000 км, собран большой экспериментальный материал по радиационной и санитарно-гигиенической обстановке в районах ядерных полигонов бывшего СССР, показывающий реальное положение, весьма далекое от того угрожающего, которое преподносилось некоторыми средствами массовой информации. Проведение этих исследований возглавляли А.С. Кривохатский и Ю.В. Дубасов. В 1992—1996 гг. Радиевый институт при участии ученых других институтов выпустил серию монографий «Ядерные взрывы в СССР» и «Мирное использование ядерных взрывов».

Одно из ведущих направлений работ Радиевого института связано с радиоэкологией, ис-

следованиями глобальных и локальных загрязнений окружающей среды во всех ее сферах: в воздухе, воде, почвах, биологических объектах. Радиевый институт является пионером радиоэкологических исследований, которые ведут свое начало еще от работ академика В.И. Вернадского по биогеохимии природных радиоактивных элементов и работ Л.В. Мысовского по исследованиям космического излучения.

Систематические, детальные исследования техногенных радиоактивных загрязнений начались в институте практически с рождением атомной промышленности страны, в конце 40-х годов, и были широко развиты с начала 50-х годов. Институт проводил исследования распространения радиоактивных выбросов во всех воздушных и подземных ядерных испытаниях (см. выше), а затем в периоды между испытаниями, исследовал их последствия. Позднее начались радиоэкологические исследования в районах расположения атомных предприятий и АЭС, в том числе в аварийных ситуациях.

Большое значение для систематических исследований атмосферных радиоактивных выпадений и приземного слоя воздуха имела созданная в 1953 г. под Ленинградом, в г. Зеленогорске, радиометрическая станция Радиевого института. Огромный экспериментальный материал получен также в многочисленных водных и наземных экспедициях, организованных Радиевым институтом как на территории СССР, так и за его пределами, в том числе в составе кругосветной экспедиции на научно-исследовательском судне «Михаил Ломоносов» в 1966—1967 гг. в рамках Международного геофизического года.

Методологическим стержнем этих работ является детальное изучение физико-химического поведения естественных и искусственных радионуклидов, прежде всего форм нахождения, миграции и аккумуляции радионуклидов в процессах их рассеяния и концентрирования во внешней среде, в том числе в объектах биосферы.

Специалистами института выполнен большой цикл методических работ по обеспечению достоверности результатов определения содержания радионуклидов в объектах внешней среды для исследования процессов распространения радионуклидов естественного и техногенного происхождения в природных резервуарах,

биологических и пищевых цепочках миграции. Учеными института был разработан комплекс методик, использующих эффективные методы концентрирования, разделения, выделения и измерения ультрамалых количеств радионуклидов из сложных по составу природных объектов с применением ионообменной и распределительной хроматографии, экстракции, сорбции, спектрометрии. С развитием и совершенствованием методов обнаружения и регистрации радиоактивности в объектах внешней среды стало возможным использование природных радиоактивных меток для изучения геохимических, биогеохимических и геофизических процессов в глобальных и локальных масштабах.

Поскольку океанские и морские водоемы включают в себя более 90% вещества гидросферы и являются конечным пунктом миграции радионуклидов во внешней среде и одновременно гигантским источником биомассы, их изучению уделялось особое внимание.

Учеными Радиевого института были выявлены важные тенденции и закономерности распространения радиоактивных продуктов в морях и океанах. Было установлено, что ведущую роль в переносе и накоплении в донных отложениях водоемов радионуклидов естественного и искусственного генезиса играет взвешенное вещество водоемов. Оно аккумулирует по механизму совместной коагуляции, сорбции или ионного обмена попавшие в гидросферу радионуклиды. Для ряда радионуклидов было показано, что механизмы, лежащие в основе их накопления в осадках в прошлые эпохи и в наше время, близки, что открывает возможность долгосрочного прогнозирования поведения радионуклидов в гидросфере.

Наряду с изучением радиоактивного загрязнения гидросферы на глобальном уровне ведутся работы по мониторингу водных систем, примыкающих к конкретным ядерным объектам.

Были исследованы бассейны Балтийского, Северного, Норвежского, Карского, Черного, Азовского, Каспийского морей, рек Дунай, Волга, Енисей, Обь, Днепр, Нева и ряда других водоемов. В ходе проведения экспедиционных и лабораторных исследований были выявлены участки с повышенным содержанием техногенных радионуклидов, выданы прогнозы переноса последних в водных системах. Результаты исследований уровней загрязнений и

закономерностей переноса техногенных радионуклидов были использованы для изыскания путей, ограничивающих поступление их в биосферу. Особое внимание уделено изучению поведения долгоживущих дозообразующих радионуклидов.

Полученные учеными института экспериментальный и расчетный материалы были использованы для создания математических моделей переноса радионуклидов в атмосфере, выпадении их на земную поверхность, прогнозирования радиационной обстановки, в том числе в экстремальных ситуациях, и для разработки рекомендаций по снижению поступлений техногенных радионуклидов во внешнюю среду.

В последнее десятилетие институт ведет радиоэкологические исследования, преследующие цель создать научные основы прогноза воздействия радионуклидов на природные экосистемы и человека, разработать концепции радиологического мониторинга и решить практические задачи по его реализации. Осуществление радиационного мониторинга внешней среды является одним из направлений работ, проводимых специалистами созданного в 1993 г. при Радиевом институте Аварийно-технического центра Минатома РФ.

Изучение радиоактивности внешней среды проводится в тесном контакте с иностранными учеными и международными организациями. Специалисты института внесли значительный вклад в научное обоснование ряда основополагающих международных документов, в числе которых Московский договор 1963 г. о запрещении ядерных испытаний в трех средах, Договор о нераспространении ядерного оружия, нормативные материалы Научного комитета ООН по действию атомной радиации, Публикации МКРЗ.

В настоящее время Радиевый институт участвует в качестве национальной лаборатории России в реализации радиоэкологической части общей программы HELCOM (Хельсинская комиссия) и MORS-6 (изучение радиоактивного загрязнения бассейна Балтийского моря), а также в программах МАГАТЭ обеспечения качества измерений радиоактивной загрязненности объектов окружающей среды и изучения миграции радионуклидов в различных средах (BIOMOV5 II).

С рождением ядерной промышленности пионерами радиоэкологических исследований

были Б. А. Никитин, И. Е. Старик, Ю. М. Толмачев, В. Н. Ушатский, Г. В. Горшков. С начала 50-х годов, когда институт начал систематические исследования глобальных выпадений, это направление возглавил В. П. Шведов, а затем Л. И. Гедеонов. В 60-х годах в институте был создан отдел исследований радиоактивных загрязнений окружающей среды под руководством Ю. В. Кузнецова.

Большой вклад в эти работы внесли также Л. М. Иванова, З. Г. Гритченко, С. П. Росянов, Д. И. Гусев, В. П. Тишков, Ан. В. Степанов, В. К. Легин и др.

Работы в области радиоэкологии приобрели особое значение после аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС).

Уже с первых дней мая 1986 г., т. е. через несколько дней после аварии на ЧАЭС, Радиевый институт принял самое активное участие в ликвидации последствий аварии, установлении ее причин, в исследованиях развития ситуации, контроле радиационной обстановки на IV энергоблоке, а также проводил широкомасштабные исследования загрязнений окружающей среды как в зоне разрушенного энергоблока и в 30-километровой зоне, так и по всему «чернобыльскому следу».

Физики РИ сыграли определяющую роль при контроле за газо-аэрозольным выбросом из аварийного IV блока ЧАЭС — с момента начала работ по ликвидации последствий аварии и вплоть до запуска вентсистемы объекта «Укрытие».

В начале мая 1986 г. сотрудники института участвовали в реализации так называемой «вертолетной программы» с отбором проб воздуха непосредственно из шлейфа выброса. Полученные при этом оперативные данные вошли в состав основных показателей и были использованы при выработке решений по локализации аварии. Продолжением этих работ стали проведенные совместно со специалистами ряда других организаций измерения с использованием аппаратуры, установленной на тросе, протянутом над развалом IV блока ЧАЭС (август — сентябрь 1986 г.). Эти измерения впервые напрямую продемонстрировали, что к концу августа 1986 г. IV блок ЧАЭС перестал быть источником загрязнения приземного слоя воздуха радионуклидами. Полученные данные стали основой для выработки ряда важных инженерных решений.

С середины мая 1986 г. сотрудники Радиевого института реализовывали программу изучения радиационной обстановки в районе IV блока и оценки количества ядерного топлива, попавшего в машинный зал IV блока и оказавшегося в зоне «завала».

В конце мая 1986 г. Радиевый институт создал в Чернобыле Лабораторию радиометрии, осуществлявшую непрерывный оперативный контроль состояния радиоактивной загрязненности приземного слоя воздуха на промплощадке IV блока, в помещениях ЧАЭС, в г. Чернобыле.

Уже в июне 1986 г. Лаборатория радиометрии РИ стала главным оперативным спектрометрическим центром Чернобыля: основные объемы оперативной количественной информации по программам Правительственной комиссии, организаций МСМ СССР, МО СССР, Госкомгидромета, Минздрава СССР и других были получены именно в γ -спектрометрическом центре РИ.

Деятельность Лаборатории радиометрии была завершена в конце ноября 1986 г. пуском вентсистемы III—IV блоков ЧАЭС. За время существования Лаборатории проведено около 10 000 анализов изотопного состава и концентраций γ -излучателей в образцах различного происхождения. Следует подчеркнуть, что получаемая в Лаборатории информация предопределяла, как правило, выработку ответственных решений по широкому кругу вопросов (работы по сооружению «Укрытия», дезактивация I—III энергоблоков ЧАЭС, массивов пылеподавления, мероприятия по защите населения и др.).

Серия измерений при помощи коллимированного детектора, установленного на борту вертолета, позволила уже в середине мая значительно уточнить радиационную обстановку вокруг аварийного блока и впервые оценить количество топлива, оказавшегося в непосредственной близости к IV блоку. В августе — октябре 1986 г. специалистами РИ совместно с теоретико-расчетной группой ИАЭ была реализована программа изучения спектральных и угловых характеристик интенсивных γ -полей вокруг IV блока: впервые были проведены измерения «жесткости» спектра γ -излучения непосредственно над развалом IV блока и над его перекрытием, измерен вклад в мощность дозы над перекрытием блока от изучения, перерас-

сеянного в воздухе, снята карта γ -поля над IV блоком и др. Совокупность полученных данных легла в основу ряда важнейших инженерных решений, а также правительственного документа «Требования, предъявляемые к состоянию «Укрытия» IV блока ЧАЭС». Накопленный в этих измерениях опыт позволил специалистам РИ выполнить в октябре 1986 г. комплекс работ по исследованию эффективности разделительной стены между помещениями III и IV блоков.

В апреле-мае 1987 г. с помощью разработанного в РИ специализированного коллимированного γ -детектора было проведено детальное изучение характеристик радиационных полей в машинном зале III энергоблока ЧАЭС и на его кровле. Полученные данные послужили основой для проведения мероприятий по коренному улучшению радиационной обстановки в машинном зале III-го блока, готовящегося к запуску.

В ходе исследований послеаварийного состояния IV блока ЧАЭС (1988—1991 гг.) были развиты методы определения количества и распределения топлива внутри разрушенного IV блока ЧАЭСМ и создана оригинальная аппаратура, применявшаяся для работ в наиболее труднодоступных помещениях IV блока с экстремальными уровнями γ -полей — в бассейне-барботере и центральном зале. Локализация ядерного топлива проводилась с использованием дистанционно-управляемых комплексов на основе коллимированных детекторов, работоспособных в радиационных полях до нескольких сотен рентген в час, установленных на самоходных платформах. В ходе работ впервые была детально изучена радиационная обстановка в бассейне-барботере и в центральном зале, оценено количество топлива, попавшего в помещения бассейна-барботера в результате аварии, впервые оценено количество ядерного топлива, сосредоточенного на верхней биологической защите реактора (схеме «Е») и на стенах центрального зала. Полученные результаты легли в основу оценки радиационной и ядерной безопасности объекта «Укрытие».

Большой вклад в работы, связанные с аварией на ЧАЭС, внесли также радиохимики и геохимики Радиевского института.

Специалисты института выполнили большой объем исследований процессов формирования и состава выбросов, количества и форм

радионуклидов в аварийном блоке, ближней и дальней зонах, физико-химических и минералогических свойств продуктов взаимодействия топлива с конструкционными материалами реактора и его засыпкой.

В результате детальных исследований радиоактивных продуктов, образовавшихся в процессе химических реакций, протекавших в расплавленной массе активной зоны реактора, были определены условия их образования и произведена классификация основных типов радиоактивных новообразований. Наиболее детально исследованы радиоактивные стекломассы аварийного блока, в которых сотрудниками института впервые были обнаружены новообразованные техногенные минералы — циркон (чернобылит) и уранинит. В результате почти десятилетней работы учеными Радиевского института разработана радиогеохимическая модель аварии. Построенный сценарий аварии дал большой материал для работы над созданием новых, внутренне безопасных реакторов.

Проведенные исследования позволили оценить количество топлива, оставшегося в центральном зале IV энергоблока, и дать рекомендации по локализации радионуклидов.

Для получения надежных данных об экологической обстановке, сложившейся после аварии, была научно обоснована и создана разветвленная сеть контрольных полигонов для пробоотбора, разработаны методы определения радиоактивности в большом количестве разнообразных объектов, усовершенствованы физико-химические и радиоспектрометрические методы анализа. На основе большого экспериментального материала были установлены процессы, определяющие механизмы миграции и фракционирования радионуклидов в биосфере.

Анализ полученных данных показал, что в зоне аварии ЧАЭС и на соседних территориях искусственные радионуклиды оказались включенными в природный кругооборот, в котором миграционно-барьерные процессы подчиняются определенным геохимическим закономерностям.

В рамках программы работ по преодолению Чернобыльской катастрофы физики Радиевского института совместно с ИБРАЭ РАН в 1990—1993 гг. провели большой комплекс исследований по изучению пространственных закономерностей в распределении радиоактивного

загрязнения от аварии на ЧАЭС. Впервые было показано, что радиоактивное загрязнение территорий описывается статистическими закономерностями — логарифмически нормальными зависимостями, обусловленными неравномерностью радиоактивных выпадений из-за среднemasштабных турбулентностей атмосферы, выявлены характеристики таких зависимостей. Показано, что в почвах дальней зоны соотношения активностей радиоцезия и радиостронция хорошо описываются линейной моделью, позволяющей оценивать загрязненность территорий радиостронцием из данных по загрязнению радиоцезием. Полученные результаты используются для анализа достоверности имеющихся баз радиэкологических данных по последствиям Чернобыльской катастрофы в качестве механизма поддержки принятия управленческих решений, а также для моделирования последствий

Совокупность данных, полученных специалистами РИ в ходе работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, а также результаты других организаций, легли в основу банка оцененных данных по радиационным аспектам аварии на ЧАЭС, созданного в Радиевом институте в 1990—1993 гг. Этот банк данных уникален по объему и качеству содержащейся в нем информации.

Большой вклад в работы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС как руководители, организаторы и непосредственные исполнители этих работ внесли А.А. Римский-Корсаков, А.С. Кривохатский, Е.Б. Андерсон, Ю.В. Дубасов, П.И. Федотов, В.Г. Савоненков, Ю.Г. Петров, Э.М. Пазухин, Л.А. Плескачевский, Л.В. Драпчинский, Б.Ф. Петров, В.Д. Дмитриев, А.Б. Блинов, А.Г. Прусаков, В.Н. Душин и многие другие.

Разработки методов анализа и контроля технологических процессов в Радиевом институте ведут свое начало от организации контроля при производстве радия на всех стадиях этой технологии — от добычи и обогащения сырья до получения готового продукта. Под руководством и при непосредственном участии В.Г. Хлопина были разработаны методы определения радия и сопутствующих ему элементов (урана, ванадия и др.). Ряд аналитических работ в 20-е годы был связан с определением благородных газов в газовых смесях для обеспечения нарождающейся газовой промышлен-

ности и для решения задач ядерной геохронологии.

В 30-е годы аналитические исследования были направлены на выяснение химической природы проектов ядерных превращений урана, а в 1945—1949 гг. — на обеспечение полученного институтом правительственного задания на разработку технологии выделения плутония из облученных урановых блоков. В создание аналитического контроля технологии большой вклад внес ГЕОХИ.

В последующие годы аналитические работы были связаны с совершенствованием действующего радиохимического производства и поиском новых технологических решений. Обеспечивались также работы, связанные с испытаниями ядерного оружия, охраной окружающей среды, решением геохимических проблем, обращением с радиоактивными отходами и т. д.

После создания в 60-х годах отдела аналитической химии аналитические исследования в Радиевом институте стали самостоятельным направлением работ.

В отделе были созданы многочисленные, в том числе аттестованные методики определения актинидных и осколочных элементов, высокоточные методы прецизионного определения урана и плутония. На базе этих методик в конце 70-х годов была начата и продолжается по настоящее время работа, связанная с анализом инспекционных образцов ядерных материалов в рамках системы гарантий МАГАТЭ по нераспространению ядерного оружия. Институт участвовал в ряде международных сравнительных аналитических экспериментов (IDA-80 и др.) и подтвердил высокий уровень проведения аналитических работ, в частности, прецизионных определений содержания и изотопного состава урана и плутония. Эти работы послужили основанием для признания МАГАТЭ Национальной аналитической лабораторией Радиевого института.

Институт выполняет работы по Программе поддержки стандартных образцов ядерных материалов для контроля качества проведения деструктивных методов анализа. Радиевый институт поставляет стандартные аналитические образцы также во многие организации страны. В начале 50-х годов аналитические исследования выполнялись под руководством В.П. Шведова. Созданный отдел аналитических исследований возглавлял сначала А.А. Липовский, а

с 1976 г. — Е. А. Шашуков. Наиболее значительный вклад в аналитические исследования внесли работы, выполненные под руководством А. В. Степанова. Большой интерес представляют разработки ренгено-флюоресцентного метода анализа, выполненные под руководством В. В. Бердикова и по масс-спектропии — под руководством Б. Н. Беляева.

Большой комплекс аналитических разработок был выполнен в Радиевом институте в связи с развитием работ по радиоэкологии. Разработаны многочисленные методики и созданы методические пособия по аттестованным методикам определения радионуклидов в воздухе, воде, почвах. Институт подтвердил свои большие возможности при решении аналитических задач, связанных с аварийными ситуациями, в частности на Чернобыльской АЭС, на месте гибели подводной лодки «Комсомолец» и др.

В создании этих методик участвовали и внесли существенный вклад Л. И. Гедеонов, Л. М. Иванова, Ан. В. Степанов и др.

Интересные работы были выполнены в Радиевом институте в связи с созданием системы аналитического контроля и управления технологическим процессом для Завода РТ-2. Была создана схема аналитического контроля технологического процесса, отработаны методы контроля, основанные на использовании физико-химических и ядерно-физических методов анализа, разработаны многочисленные датчики дистанционного контроля и построена автоматизированная система контроля и управления технологическим процессом (АСУ ТП). Кроме того, проводились разработки автоматизированного рабочего места (АРМ) химика-аналитика.

Эти работы выполнялись под общим руководством Р. И. Любцева. Руководителями работ были также В. И. Орлов, В. В. Бердикова, Г. А. Акопов, В. М. Мосяж, В. С. Самсоненков.

Самостоятельным направлением работ института является разработка методов неdestructивного контроля.

1973 г. впервые в СССР в Радиевом институте была начата разработка нейтронных и γ -спектрометрических методов определения выгорания и изотопного состава топлива тепловыделяющих сборок (ТВС) реакторов ВВЭР, РБМК и транспортных реакторов. Установки неразрушающего контроля топлива были не-

обходимы для обеспечения ядерной безопасности и контроля технологических процессов на заводах по переработке топлива, для более эффективного использования топлива на АЭС, для системы гарантий МАГАТЭ по нераспространению ядерного оружия. На Нововоронежской АЭС была создана опытная γ -спектрометрическая установка для сканирования ТВЭЛов и ТВС ВВЭР-440 и комплекс программ для обработки результатов измерений, что позволило определять выгорание ^{235}U и ^{239}Pu с погрешностью 3—4%. Такая точность была достигнута впервые в отечественной и мировой практике. Были разработаны аппаратура и метод измерения собственного нейтронного излучения ТВС. Впервые в мире был предложен и обоснован метод определения выгорания по измеренному нейтронному излучению, получивший название «метод нейтронного сканирования». Он используется при проведении инспекций МАГАТЭ на ядерных предприятиях. Был разработан метод и создана аппаратура для измерения плотности топливных таблеток при их изготовлении, что позволило в десятки раз повысить производительность труда на соответствующих предприятиях. Работы ведутся под руководством П. И. Федотова. Большой вклад в эти разработки внесли Б. А. Бибичев, Н. К. Казаринов, А. Г. Коренков и др.

Радиевый институт является старейшим отечественным центром радиогеологических исследований. Содержание радиогеологии было сформулировано В. И. Вернадским как изучение радиоактивных процессов в веществе Земли и их отражение в геологических процессах. Сложные проблемы ядерной геологии и космохимии решаются в институте с использованием идей и методов физики, радиохимии, минералогии и кристаллохимии.

В 50-х годах в институте продолжались интенсивные исследования геохимии радиоактивных элементов, в результате которых были вскрыты общие закономерности распределения и миграции урана и тория в горных породах, геологических формациях, горнорудных провинциях крупных регионов страны. Детальные радиогеологические исследования проведены на Кавказе, Урале, Кольском полуострове, в Средней Азии, Украине, Казахстане, Алтае. Полученные данные позволили расчитать кларки радиоактивных элементов в от-

дельных типах пород и литосферы в целом. Очевидно и прикладное значение радиологических исследований — оценка перспективности рудных районов и поиски месторождений радиоактивного сырья, прежде всего, урана. До последнего времени результаты работ ученых Радиевого института использовались для развития фундаментальных вопросов теории рудообразования и практического освоения отдельных месторождений.

В 50—60-х годах работы по геохронологии стали также более ориентированы на решение практических сырьевых задач, поставленных развивающейся ядерной индустрией страны. Радиевый институт на протяжении многих лет заслуженно занимал место ведущего и авторитетного научного центра по этой проблеме. Успешное развитие работ было обусловлено созданием уникального масс-спектрометрического оборудования для анализа изотопного состава геологических пород, а также совершенствованием аргонового метода определения возраста. Экспедиции института вели исследования древнейших пород Украинского щита и Русской платформы, гранитов Казахстана и Тянь-Шаня, геологических формаций Алтая и Антарктиды. Расширяется перечень объектов исследований: от радиоактивных примесных минералов до глинистых отложений и океанских илов. На Украине были обнаружены древнейшие образования земной коры с возрастом 3,5 млрд лет, вскрыты ранее неизвестные процессы «омоложения» докембрийских формаций. В 1960 г. Международному геологическому конгрессу представлена работа по абсолютной геохронологии Украинского докембрия. В это же время на основе материалов, полученных в Радиевом институте, создается единая геохронологическая шкала в абсолютном летоисчислении.

Разрабатываются новые методы геохронологических исследований, новые варианты стронциевого, иониевого, радиоуглеродного методов определения абсолютного возраста. Геохимиками института были впервые сформулированы радиохимические основы неравновесных методов определения возраста и скоростей образования морских и океанических осадков.

Широкое использование изотопной геохронологии позволило ученым Радиевого института в 70—80-х годах выполнить цикл работ по изотопной геохимии и геохронологии круп-

нейших урановорудных провинций СССР и ряда европейских стран.

Ученые Радиевого института ведут большую организационную работу в рамках Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций, первым председателем которой был В.И. Вернадский. По инициативе и при непосредственном участии ученых Радиевого института создаются геохронологические лаборатории в Киеве, Свердловске, Уфе, Новосибирске, Тбилиси, Ереване, Ташкенте, Алма-Ате и других городах страны. Совместные исследования проводятся с учеными Китая, Чехословакии, Болгарии, ГДР, Венгрии. Результаты изотопно-геохронологических исследований широко публикуются в Трудах Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций, периодических изданиях и в монографиях. Проблема абсолютного возраста для науки о Земле стала первостепенной.

Ученые Радиевого института сыграли важную роль в становлении и развитии современной геохронологии. Здесь были созданы ведущие школы в этой области — И. Е. Старика, Л. В. Комлева, Э. К. Герлинга. Большой комплекс работ был выполнен под руководством Д. С. Николаева, В. Г. Савоненкова, Е. Б. Андерсона, Э. В. Собоновича, А. Я. Крылова.

В 60-х годах в институте начало складываться новое направление работ в области геохимии, связанное с участием института в работах по проведению подземных ядерных взрывов. Выше уже были упомянуты работы по петрографо-минералогическому изучению горного массива центральной зоны подземных взрывов, а также большой цикл работ, связанных с созданием с помощью ядерных взрывов подземных емкостей для хранения нефти и газа.

Наряду с этим проводились исследования по созданию хранилищ и могильников радиоактивных отходов. Это направление стало ведущим для геохимиков и геологов Радиевого института в 90-х годах, когда особую актуальность приобрело создание подземных могильников радиоактивных отходов для Завода РТ-2 на Горнохимическом комбинате г. Железногорска. Этот цикл работ, начатых А. С. Кривохатским, в настоящее время выполняется под общим руководством Е. Б. Андерсена.

90-е годы характеризуются значительной перестройкой работ и ориентацией их на народ-

но-хозяйственные цели. В этот трудный период институт, тем не менее сохранил, свои традиционные направления, и практически все работы, связанные с конверсией, были результатом опыта, знаний и разработок, выполненных в предшествующие годы.

Значительная часть конверсионных направлений работ связана с обеспечением развития ядерной энергетики страны и организацией заключительной стадии ЯТЦ. Это, прежде всего, упомянутые выше разработки радиохимической технологии переработки облученного ядерного топлива АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000, основными энергетическими реакторами, использующимися на АЭС России. Выше уже упоминалась также организационная и координирующая роль Радиевского института в создании Завода РТ-2. В работах этого периода большое внимание уделяется проблемам обращения с РАО и вопросам охраны окружающей среды.

Руководителями и организаторами этих работ являются Р. И. Любцев, Л. Н. Лазарев, В. Н. Романовский, Б. Я. Галкин, Е. Б. Андерсон, В. А. Старченко, Ю. В. Кузнецов, Б. Я. Зильберман, Ю. М. Рогозин, В. М. Есимантовский, В. К. Исупов, А. С. Алой, В. К. Легин, В. П. Тишков.

В 1993—1995 гг. на базе созданной в институте системы раннего предупреждения с помощью АСКРО разработана концепция защиты населения и окружающей среды при радиационных авариях и инцидентах. Эта концепция стала основой деятельности созданного Аварийно-технического центра «Радиевый институт», располагающего мощным информационно-аналитическим центром с телекоммуникационным узлом связи. Создана компьютерная система поддержки принятия решений.

Генеральным конструктором АСКРО в системе Минатома РФ является А. А. Римский-Корсаков. Основные разработчики АСКРО — Б. Ф. Петров, Л. А. Плескачевский, В. В. Кузьмин, С. К. Васильев, В. Н. Душин. Аварийно-технический центр «Радиевый институт» возглавил В. И. Стовбур.

Важным направлением конверсионных работ института является организация получения и поставки медицинским учреждениям радиоизотопных препаратов — иода-123 и технеция-99m и радоновых таблеток. Руководители и организаторы этих работ — Л. М. Солин,

Н. Б. Высокоостровская, В. Н. Романовский, С. А. Бартенев, М. П. Зыков, А. А. Палладиев, Ю. Н. Казанкин, В. Г. Потапов.

В институте развиваются также конверсионные работы: разработка фторидной технологии получения исходных материалов для микроэлектроники (тетрафторид кремния, моносилан, поликристаллический кремний), тонкой технической и функциональной керамики (диоксид, карбид кремния) (А. И. Карелин, Л. Б. Шпунт).

В 90-х годах широко развивались международные связи. Радиевый институт известен мировой общественности со времени своего создания в 1922 г., на протяжении всех лет он поддерживал связи со многими ядерными центрами мира. Послевоенная засекреченность работ значительно сократила, но не прервала международные контакты. Институт принимал активное участие в работах крупнейших международных организаций, МАГАТЭ и ЦЕРН. Политическая перестройка страны и снятие секретности с основных работ института дали новый толчок к развитию его международного научного сотрудничества. В настоящее время Радиевый институт является участником ряда международных программ, сотрудничает с Министерством энергетики США, с рядом Национальных лабораторий США (Лос-Аламосская, Ок-Риджская и др.), с крупными ядерными центрами и фирмами США, Великобритании, Франции, Японии, Швеции, Финляндии, Китая, Бельгии и другими международными организациями (МАГАТЭ, ЦЕРН, HELCOM, Европейская организация ядерных исследований и др.). Важное значение имеют также работы, выполняемые через МНТЦ.

Наиболее крупные работы в рамках международного сотрудничества выполняются по проблемам радиохимии под руководством В. Н. Романовского, Б. Я. Галкина, Р. И. Любцева, Е. Б. Андерсона, Б. Я. Зильбермана, а в области ядерной физики — под руководством А. А. Римского-Корсакова, В. П. Эйсмонта, Л. В. Драпчинского, А. А. Филатенкова, В. А. Рубчени, О. В. Ложкина.

Говоря о работах института в 60—90-х годах, нельзя не отметить влияние на развитие НИОКР тех подразделений, которые были созданы в процессе перехода института из АН СССР в систему Минсредмаш, а именно отде-

лов научно-технической информации и стандартизации.

Отдел научно-технической информации с самого начала своей работы (с 1963 г.) стал центром систематизации и анализа мировой научно-технической информации в области прикладной и фундаментальной радиохимии. В 1972 г. отдел был назначен Главным в отрасли по проблемам научно-технической информации в области радиохимии и в течение почти 30 лет обеспечивал информацией более 50 предприятий отрасли по их заявкам. В настоящее время отдел работает как центр анализа информации по проблемам развития ядерного топливного цикла и, особенно, заключительных стадий ЯТЦ. Аналитические обзоры отдела способствовали скорейшему выполнению НИОКР, давали новые идеи, содействовали нахождению наиболее целесообразных путей решения поставленных задач и ставили новые задачи. Эти обзоры всегда получали высокую оценку как разработчиков, так и руководства предприятий отрасли и Министерства. Ряд обзоров, в которых изучалась конъюнктура мирового рынка, тенденции развития проблем обращения с отработавшим ядерным топливом энергетических реакторов, с оружейным плутонием и радиоактивными отходами, имели самостоятельное научное значение.

Научным руководителем и организатором работы отдела является Е.И. Ильенко. Большой вклад в работы отдела внесли Л.Г. Царицына, Г.А. Куменева, В.С. Дейнов, Э.С. Кальницкая и др.

Бюро по стандартизации закрытых радионуклидных источников излучения (ЗРНИИ) и радиоактивных препаратов создано в Радиевом институте в 1975 г.

В 1979 г. с возложением на институт функций головной организации по ЗРНИИ, источникам тепла и радиоактивным препаратам, а также с возложением функций Базовой организации по стандартизации указанной продукции (БОС), Бюро по стандартизации получило статус Научно-исследовательского отдела по стандартизации (НИОС). В работах по стандартизации радионуклидной продукции за БОС были закреплены 12 ведущих разработчиков и производителей этой продукции, среди них ПО «Маяк», НИИАР, ФЭИ, НИИЭФА и др.

НИОС в творческом сотрудничестве с Отде-

лом изотопов и другими предприятиями отрасли составляются Программы комплексной стандартизации, в соответствии с которыми были разработаны стандарты, устанавливающие требования к наиболее важным потребительским свойствам продукции: к маркировке, упаковке, транспортированию, хранению ЗРНИИ, требования к маркировке и содержанию паспорта на препараты, а также стандарты на источники α -, β -, γ - и рентгеновского излучения вида: типы и основные параметры, методы измерения радиационных параметров, общие технические требования и другие, всего более 20 государственных стандартов.

Работы по стандартизации радионуклидной продукции сыграли заметную роль в международном сотрудничестве стран-членов СЭВ, обеспечивавших поставки радиоактивных источников и препаратов странам-членам СЭВ, а также другим странам.

Опыт, приобретенный в этих работах, был весьма ценным для дальнейшего развития изотопного направления и международного сотрудничества.

Научным руководителем и организатором работ НИОС является Л.И. Крылов. Большой вклад в работы по стандартизации радионуклидной продукции внесли В.В. Федоров, В.Н. Боброва, Б.А. Михайлов, Ю.П. Турбанов, В. Г. Недовесов, А. М. Гейдельман, В. Г. Шумков.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАДИЕВОМ ИНСТИТУТЕ В 1950—1995 гг.

В довоенные годы в Радиевом институте происходило зарождение и становление отечественной физики атомного ядра. В институте был запущен первый в Европе циклотрон, создана теория альфа-распада атомных ядер, открыто явление спонтанного деления урана, заложены основы отечественной нейтронной физики, физики деления атомных ядер.

В начале 50-х годов физики Радиевого института продолжили фундаментальные исследования в области физики атомного ядра: физики деления и нейтронной физики, ядерной спектроскопии, в новой области ядерной физики — физики высоких энергий. Эти исследования, ведущиеся и в настоящее время, привели к обнаружению ряда качественно новых закономерностей и существенно расширили

представления о природе ядерных сил, динамике движения ядерной материи и др.

Фундаментальные исследования в области физики атомного ядра, осуществлявшиеся в Радиевом институте, были связаны, как правило, с решением предельно сложных экспериментальных проблем и приводили к разработке и созданию уникальных методик и установок, обладающих самостоятельной практической ценностью. Опыт, накопленный при проведении фундаментальных исследований, оказывался, зачастую, определяющим при решении многих актуальных прикладных задач. Так, в 50—60-е годы в институте были заложены основы отечественной дозиметрии ионизирующих излучений, нейтронной метрологии, γ -дефектоскопии и др.

1. Фундаментальные исследования. В 50-е годы были продолжены исследования по детальному изучению деления атомных ядер — ядерного превращения, связанного с коренной перестройкой ядерной системы, явления, определяющего границы Периодической системы элементов Менделеева. В то же время физика деления является научной основой ядерной энергетики и промышленности.

В 50—60-х годах К.А. Петржаком с сотрудниками был проведен цикл прецизионных измерений периодов полураспада спонтанного деления большого числа изотопов трансурановых и трансплутониевых элементов, позволивший заметно уточнить глобальную картину устойчивости тяжелых ядер к спонтанному делению. В 1957 г. В. П. Эйсмонт и другие при изучении кинетических энергий осколков впервые экспериментально обнаружили, что в процессе деления, на стадии формирования осколков существенную роль играют квантовые оболочечные эффекты. А. Н. Протопоповым и М. В. Блиновым в 60-х годах было начато детальное изучение характеристик мгновенных нейтронов и γ -квантов, сопровождающих процесс деления, развита высокочувствительная времяпролетная методика измерения энергетических спектров нейтронов. Одним из первых деление ядер, сопровождающееся вылетом легких заряженных частиц (тройное деление) наблюдал в Радиевом институте в 1947 г. Н. А. Перфилов. Исследования механизма этого редкого процесса, начатые фотоэмульсионным методом, были затем успешно продолжены Л. В. Драпчинским, С. С. Кова-

ленко, Л. А. Плескачевским и другими с использованием современных ионизационных методов и позволили получить важную информацию о свойствах делящейся системы в момент разрыва.

В те же годы в Радиевом институте были начаты интенсивные исследования деления ядер под действием частиц высоких энергий в широком диапазоне масс ядер-мишеней, что дало возможность Н. А. Перфилову установить важную эмпирическую закономерность — зависимость делимости ядер от параметра Z^2/A делящегося ядра, отражающую механизм деления высоковозбужденных ядер.

Дальнейший прогресс в изучении такого сложного и многогранного явления, как деление, оказался связанным с начатыми в конце 60-х годов в Радиевом институте многопараметровыми корреляционными исследованиями механизма деления. Следует отметить, что именно Радиевый институт явился инициатором и пионером проведения таких исследований в нашей стране. Примером исследований, оказавших существенное влияние на понимание механизма деления, служат работы А.В. Кузнецова, Б.Ф. Петрова, В.И. Шпакова и др. (80-е годы), в которых впервые экспериментально было подтверждено явление «холодного деформированного деления».

С середины 60-х годов теоретиками Радиевского института (В. А. Рубченя, С. Г. Явшиц, А.С. Рошин и др.) были проведены исследования по выявлению влияния оболочечных эффектов на массовые и энергетические распределения осколков деления и изучению динамических эффектов на конечной стадии деления. Была предложена и развита новая динамическая модель деления, сопровождающегося вылетом легких заряженных частиц. Теоретиками института была разработана модель испускания фрагментов ядрами как промежуточного процесса между α -распадом и делением.

В конце 60-х годов с вводом в действие ускорителей тяжелых ионов ОИЯИ начались интенсивные исследования различных аспектов взаимодействия тяжелых ионов с ядрами, которые привели к значительному прогрессу в понимании многих фундаментальных проблем физики ядра. В 1969—1973 гг. на ускорителях У-200 и У-300 ЛЯР ОИЯИ А. И. Обуховым, О. Е. Шигаевым и другими были проведены исследования влияния вносимого углового мо-

мента на делимость ядер под действием ионов С, N, O и Ne, которые показали сильное возрастание делимости в области сравнительно легких ядер, объясняемое уменьшением барьера деления сильноповращающихся компаунд-ядер. С определяющим участием сотрудников РИ — М.В. Блинова, В.Д. Дмитриева, Э.М. Козулина, Б.Ф. Петрова и др. — в ЛЯР ОИЯИ были разработаны и созданы многопараметровые установки на пучках ускорителей У-200, У-300, У-400 для изучения различных характеристик деления ядер, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами, обладающие рекордными для своего времени параметрами. Это — времяпролетные спектрометры осколков деления для исследования массовых распределений осколков, с помощью которых были выполнены уникальные эксперименты по изучению массовой асимметрии деления и оценены барьеры для симметричного и асимметричного деления ряда трансурановых ядер; установки для изучения спектров нейтронов, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами, позволившие получить важную информацию о механизме диссипации энергии в процессе деления ядра.

В рамках научного сотрудничества с учеными Финляндии (Университет г. Ювяскюля) с 1987 г. реализуется проект создания высокоэффективного 4π -спектрометра нейтронов (проект HENDES), устанавливаемого на пучках тяжелых ионов. Проект HENDES направлен на исследование динамики деления в реакциях с тяжелыми ионами (В.А. Рубчюна и др.). В нейтронном спектрометре за основу взяты разработанные в Радиовом институте уникальные позиционно-чувствительные нейтронные детекторы.

Ныне физиками Радиового института (В. П. Эйсмонт и др.) совместно с физиками Швеции на ускорительном комплексе Университета г. Уппсала с использованием прецизионных времяпролетного нейтронного спектрометра и установок для измерения функций возбуждения выполняются исследования динамики деления ядер на пучках легких заряженных частиц (проект FIDYC).

Под руководством Б.С. Желепова — главы отечественной школы ядерной спектроскопии — в Радиовом институте был создан ряд приборов для α -, β - и γ -спектроскопии, являвшихся, для своего времени, уникальными по своим параметрам (1948 г. — магнитный спек-

трометр для γ -лучей; 1959 г. — магнитный α -спектрометр типа $\pi\sqrt{2}$, имевший самую высокую светосилу среди приборов подобного класса; 1969 г. — низкофононовый шестизакорный β -спектрометр) впервые были построены схемы распада многих нуклидов, а имеющиеся схемы — существенно уточнены и дополнены. Совместно с работниками ОИЯИ физиками Радиового института была разработана и реализована широкомасштабная программа исследований схем распада нейтроннодефицитных нуклидов. О высочайшем научном авторитете научной школы Б.С. Желепова свидетельствует то, что Радиовый институт на протяжении уже 45 лет является одним из организаторов ежегодных Всесоюзных (Всероссийских) совещаний по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра.

Начало 50-х годов в Радиовом институте характеризуется становлением нового направления исследований в ядерной физике, которое через несколько лет выделяется в специфическую область — ядерную физику высоких энергий.

В ходе этой работы осуществляется разносторонняя программа экспериментальных исследований неупругих ядерных взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами, в которых в первые же годы были получены многие важные характеристики ядерных реакций в области высоких энергий протонов и π -мезонов: сечения неупругих ядерных взаимодействий, вероятности процесса деления для ядер средних масс, множественное образование частиц и их кинематические характеристики, роль прямых процессов и распада возбужденных систем. В последующие годы происходит расширение и углубление исследований в новых областях энергии протонов, мезонов и многозарядных ионов на ускорителях Дубны (ЛЯП, ЛВЭ и ЛЯР) и Серпухова (ИФВЭ). В исследованиях охватываются: проблема фрагментации ядер при высокой энергии возбуждения, деление ядер под действием тяжелых ионов, проблема границы существования нейтроноизбыточных легких ядер, природа прямых ядерных процессов при высоких энергиях и др. Развиваются новые методы исследований: метод (dE-E детекторов для идентификации продуктов фрагментации, масс-спектрометрия в линию с ускорителем, γ -спектрометрия продуктов ядерных реакций, трековые твердотельные

детекторы, автоматизированные средства измерений, новые способы изготовления тонких кремниевых детекторов и трековых детекторов (Н.А. Перфилов, А.П. Жданов, В.И. Остроумов, В.П. Шамов, А.И. Обухов, В.В. Авдейчиков, Е.А. Ганза, З.И. Соловьева, О.Е. Шигаев, Б.Н. Беляев, П.И. Федотов и др.).

Наиболее существенными результатами исследований по физике высоких энергий являются следующие: установление закономерностей деления ядер от урана до серебра при высокой энергии возбуждения, установление закономерностей явления фрагментации ядер и ядерной мультифрагментации, открытие в 1961 г. сверхтяжелого изотопа гелия ^8He (О.В. Ложкин, А.А. Римский-Корсаков) и доказательство ядерной нестабильности изотопа ^{10}He , открытие изоспиновых корреляций сечений фрагментации, доказательство механизма квазиупругого выбивания частиц из ядер и передачи больших импульсов ядрам, выявление эффектов масштабной инвариантности и факторизации сечений при образовании фрагментов промежуточных масс, получение доказательств в пользу существования фазового перехода в возбужденном ядерном веществе, измерение масс нейтроннодефицитных нуклидов, установление характеристик полного распада ядер, получение новых данных по периферической фрагментации релятивистских ядер.

2. Ядерные данные. Значительное место в физических работах института занимали и ныне занимают работы по измерению и оценке ядерных постоянных. Программа измерений ядерных данных составлялась с учетом запросов на ядерные данные как со стороны Российской комиссии по ядерным данным, так и запросов МАГАТЭ, где отражены основные потребности атомной науки и техники в области ядерных данных. Среди важнейших направлений исследований в этой области были такие, как: абсолютные измерения сечений деления $^{235,238}\text{U}$, ^{237}Np , ^{239}Pu нейтронами различных энергий; абсолютные измерения сечений деления, усредненных по спектру нейтронов деления ^{252}Cf ; измерения среднего числа нейтронов на акт деления ^{252}Cf ; измерения энергетического спектра нейтронов деления ^{248}Cm , ^{252}Cf ; измерения выхода трития при тройном делении в зависимости от энергии возбуждения и Z^2/A делящегося ядра; относительные измерения сечений деле-

ния ^{232}Th и ^{238}U нейтронами с энергией до 100 МэВ; исследования характеристик фото-ядерных реакций на тяжелых делящихся ядрах (В.И. Шпаков, Л.В. Драпчинский, Э.А. Шлямин, О.И. Батенков, А.А. Филатенков и др.).

Абсолютные измерения сечений деления нейтронами проводились наиболее прецизионным методом — методом коррелированных по времени сопутствующих частиц, непрерывное совершенствование которого дало возможность достигнуть малой погрешности — до 1%. На разработанной установке с проточной марганцевой ванной были выполнены измерения среднего числа нейтронов на акт спонтанного деления ^{252}Cf с погрешностью 0,4%, что находится в ряду лучших измерений в мире. Детальные методические разработки дали возможность провести прецизионные измерения спектра нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf . Результаты измерений были использованы при разработке международного стандарта спектра.

Работы по измерениям ядерных данных при низких энергиях продолжают и в настоящее время. В рамках контрактов с Международным научно-техническим центром проводятся прецизионные измерения спектров нейтронов спонтанного деления четных изотопов кюрия, измеряются сечения образования долгоживущих нуклидов, существенных для термоядерных установок.

В последние несколько лет, главным образом, в связи с разработкой концептуальных проектов ядерноэнергетических технологий на основе гибридных, ускорительно-реакторных систем, основное внимание уделяется измерениям ядерных данных при промежуточных энергиях (20—2000 МэВ). Методами γ -спектрометрии были измерены сечения образования радионуклидов в тонких мишенях из природной смеси изотопов Al, Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zr, Mo, Ag, и Sn при бомбардировке протонами с энергией 660 МэВ и Al, Ti, Fe, Co, Cu и Au при бомбардировке протонами с энергией 1000 МэВ. При этом абсолютные сечения были определены для более 400 реакций образования радионуклидов с $T_{1/2}$ от 10 мин до 5 лет. В настоящее время проведена ревизия всех измеренных сечений с учетом современных данных по сечениям мониторинговых реакций (В. П. Приходцева, М. А. Михайлова, С. К. Васильев, Л. М. Крижанский и др.). Были проведены сбор и ревизия имеющихся эксперимен-

тальных данных по сечениям образования радионуклидов в более широком энергетическом диапазоне: от 100 до 1600 МэВ — для тонких мишеней из С, N, Na, Al, Mg, Ar, Ca, Mn, Fe, Co, Ni и Cu. Были также получены функции возбуждения для большого ряда нуклидов, образующихся в этих реакциях, определены сечения образования радионуклидов в тонкой свинцовой мишени, облученной протонами с энергией 660 МэВ.

Были измерены сечения деления ряда нуклидов, в том числе, ^{181}Ta , ^{197}Au , $^{206-208}\text{Pb}$, ^{209}Bi , ^{232}Th , $^{233, 235, 238}\text{U}$, ^{237}Np , ^{239}Pu , и $^{241, 243}\text{Am}$ протонами в области энергий от 10 до 1000 МэВ, сечения деления ^{208}Pb , ^{209}Bi и ^{238}U (относительные и абсолютные) в области энергий 70–160 МэВ на квазиодноэнергетических нейтронах циклотрона Лаборатории им. Т. Сведберга в Уппсале (Швеция). Последние измерения продолжаются в целях расширения энергетического диапазона и круга делящихся ядер, они являются, по существу, единственными в мире в настоящее время (В.П. Эйсмонт, А.И. Обухов, А.Н. Смирнов и др.).

Проведение измерений ядерных данных стало возможным благодаря разработке новых приборов и методов регистрации ядерных излучений. Среди них можно отметить тонкопленочные пробойные счетчики (ТПС) для регистрации осколков деления (А.Н. Смирнов и др.), поверхностно-барьерные детекторы (С.И. Лашаев и др.), полупроводниковые детекторы (Е.А. Ганза и др.), мишени из делящихся материалов (С.М. Соловьев, Б.М. Александров и др.).

Для проведения физических исследований, измерения ядерных постоянных и выполнения некоторых прикладных работ (например, получения радиофармпрепаратов) в институте построены нейтронные генераторы (НГ-150 и НГ-400, электростатический ускоритель ЭГ-5, малогабаритный циклотрон МГЦ-20 и протонный синхротрон.

3. Прикладные исследования. В 50-е годы К. А. Петржаком был проведен комплекс исследований по изучению замедления и пространственного распределения нейтронов в различных средах, разработке абсолютных и относительных методов измерений нейтронных потоков, впервые был предложен способ определения нейтронного потока, основанный на методе совпадений с сопутствующими час-

тицами. Совокупность этих работ легла в основу современной отечественной метрологии нейтронов.

В эти же годы К.А. Аглинцевым были начаты детальные исследования в области теоретической и прикладной дозиметрии. Эти работы стали основой дозиметрии ионизирующих излучений в нашей стране. С использованием магнитного электронного спектрометра В.В. Смирновым, К. А. Аглинцевым, М. Я. Грудским и А.В. Малышенковым были детально изучены механизмы преобразования энергии γ -излучения в веществе и действующие спектры вторичных электронов. Тем же методом А.А. Римским-Корсаковым были впервые точно измерены угловые распределения фотоэлектронов, выбиваемых γ -излучением различных энергий из атомов различных элементов. Г.В. Горшковым были впервые разработаны калориметрический метод измерения активности радиоактивных препаратов, способы нейтронного каротажа буровых скважин, проведены расчеты биологической защиты реакторов.

Физиками и химиками Радиевого института был выполнен обширный комплекс работ по детальному определению выходов продуктов фиксированных масс при делении ряда реакторных нуклидов нейтронами различных энергий. Эти исследования дали, в частности, информацию, необходимую для расчетов накопления продуктов деления в активной зоне атомных реакторов.

С 1973 г., впервые в СССР, под руководством П. И. Федотова в Радиевом институте была начата разработка нейтронных и γ -спектрометрических методов определения выгорания и изотопного состава топлива ТВС реакторов ВВЭР, РБМК и транспортных реакторов. Установки неразрушающего контроля топлива были необходимы для обеспечения ядерной безопасности и контроля технологических процессов на заводах по переработке топлива, для более эффективного использования топлива на АЭС, для системы гарантий МАГАТЭ по нераспространению ядерного оружия. На Нововоронежской АЭС была создана опытная γ -спектрометрическая установка для сканирования твэлов и ТВС ВВЭР-440 и комплекс программ для обработки результатов измерений, что позволило измерять выгорание ^{235}U и ^{239}Pu с погрешностью 3–4%. Такая точность была достигнута впервые в отечествен-

ной и мировой практике (Б.И. Бибичев и др.). Были разработаны аппаратура и метод измерения собственного нейтронного излучения ТВС. Впервые в мире был предложен и обоснован метод определения выгорания по измененному нейтронному излучению, получивший название «метод нейтронного сканирования» (Н.К. Казаринов, А.Г. Коренков и др.). Он используется при проведении инспекций МАГАТЭ на ядерных предприятиях. Был разработан метод и изготовлена аппаратура для измерения плотности топливных таблеток, что позволило повысить производительность труда в десятки раз.

В эти же годы физиками Радиевого института созданы методики и аппаратура для экспериментального исследования состава спектров γ -лучей и заряженных частиц на борту космических аппаратов (А. А. Римский-Корсаков и др.), которые успешно работали и ныне работают на пилотируемых аппаратах «Союз» и станции «Мир». Результаты этих исследований легли в основу современных оценок радиационной обстановки на околоземных орбитах при пилотируемых полетах и выходах космонавтов в открытое пространство.

В 1971 в РИ И.А. Барановым и А.С. Кривохатским на примере оксидов актинидов впервые было доказано сужестование распыления вещества в результате неупругих взаимодействий ионов с атомами на поверхности, характеризующегося выходом вещества на 2–4 порядка больше, чем в при распылении вещества за счет упругих столкновений частиц. Возникло целое направление исследований — распыление вещества ионами за счет неупругих (электронных) процессов. Изучая интегральные и дифференциальные характеристики неупругого распыления МЗИ новых объектов — ультрадисперсных металлических мишеней — И. А. Баранов, В. В. Обнорский, С. О. Цепелевич и А.К. Новиков открыли необычный кластеризационный эффект, когда один МЗИ-осколок деления ^{235}Cf поднимает с подложки целый металлический островок, в результате чего в свободном состоянии образуется кластерный ион с массой 10^6 – 10^7 а.е.м. и размером 50–120 Å. Совместно с К.Вином (Институт ядерной физики, Дармштадт, Германия) были разработаны и созданы масс-спектрометры на

новых принципах регистрации супертяжелых медленных кластерных ионов.

В конце 1989 г. в Радиевом институте был запущен в циклотрон МГЦ-20 и начато освоение производства наиболее широко используемого в мировой практике циклотронного радиофармпрепарата (РФП) — иодида натрия, меченого иодом-123, который позволяет проводить диагностику заболеваний щитовидной железы с уменьшением дозы облучения пациента в 50-100 раз по сравнению с применяющимся РФП на основе иода-131. Ю.А.Селищим была образована группа из высококвалифицированных физиков, радиохимиков, ускорительщиков, механиков, которая в кратчайшие сроки впервые в СССР решила задачу производства РФП иодида натрия, меченого иодом-123. До настоящего времени среди стран СНГ только в Радиевом институте налажено производство натрия иодида-123. После разработки метода получения препарата Радиевым институтом были проведены биологические и клинические испытания РФП, получена фармстатья, проведены испытания комиссией по контролю качества и с 1991 г. начаты регулярные поставки препарата в клиники Санкт-Петербурга. Другим радиофармпрепаратом, производство которого было освоено в институте, является ортоидгиппурат, меченый иодом-123, — препарат, наиболее широко используемый для диагностики заболеваний почек.

В последующие годы в Радиевом институте Л. М. Солиным и другими были исследованы методы получения радионуклидов галлия-67 и индия-111 как сырья для приготовления РФП. Было достигнуто высокое качество продукта, подтвержденное анализами, проведенными как в Радиевом институте, так и в Финляндии. По совместному заданию Комитета по здравоохранению Мэрии Санкт-Петербурга и ГНТУ Минатома РФ выполняются работы по проектированию Центра ядерной медицины с позитронно-эмиссионным томографом на базе циклотрона МГЦ-20.

Физики Радиевого института внесли значительный вклад в работы по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы.

В мае 1986 г. физики Радиевого института методами отбора проб из дымового шлейфа горящего реактора получили важнейшие данные о масштабах и динамике выброса из IV

блока ЧАЭС, и предложили метод определения температуры в расплавленном горючем (А.А. Римский-Корсаков, П.И. Федотов). Летом 1986 г. физики РИ обеспечили основные потребности Правительственной комиссии и отрасли по контролю за радиационной обстановкой на площадке ЧАЭС, что позволило к концу 1986 г. построить укрытие и обеспечить безопасность ликвидаторов аварии и персонала ЧАЭС (Б.Ф. Петров, Л.А. Плескачевский, С.К. Васильев и др.). В 1988—1991 гг. эти же специалисты провели уникальное обследование разрушенного реактора и здания IV блока ЧАЭС и установили количество и распределение делящихся веществ в помещениях. При этом они разработали и применили дистанционно-управляемую аппаратуру на основе коллимированных γ -детекторов на самоходных шасси, а также оригинальные математические методы обработки данных таких измерений.

Физиками РИ (Б.Ф. Петров, Л.А. Плескачевский, С.К. Васильев, В.Н. Душин и др.) в 1993—1995 гг. была разработана концепция и созданы современные инструментальные, информационно-аналитические и телекоммуникационные основы Аварийно-технического центра (АТЦ) «Радиовый институт», отличительной особенностью которого является направленность на защиту населения и окружающей среды при радиационных авариях и инцидентах. В АТЦ сбор, анализ и обобщение информации, поступающей от его мобильных разведгрупп, из аналитических лабораторий, от датчиков систем автоматизированного контроля радиационной обстановки, данных метеобстановки, оперативных данных из Минатома РФ и от региональных структур управления осуществляет мощный информационно-аналитический центр с телекоммуникационным узлом связи. Основой этого центра является компьютерная система поддержки принятия решений.

Существенным элементом систем раннего предупреждения являются системы автоматизированного контроля радиационной обстановки (АСКРО), генеральным конструктором которых в Минатоме РФ является Радиовый институт (А.А. Римский-Корсаков). К настоящему времени физиками РИ (В.В. Кузьмин, Б.Ф. Петров, Н.К. Ласточкин и др.) разработаны, созданы и реально функционируют следующие АСКРО: АСКРО Кольской АЭС;

АСКРО Сибирского химического комбината и Томской области; АСКРО Правительства Санкт-Петербурга; АСКРО Правительства Ленинградской области и Администрации г. Соновый Бор; собственная АСКРО АТЦ как подсистема отраслевой системы РЕФЛЕКС. В стадии проектирования и изготовления находится АСКРО Красноярского горно-химического комбината.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ДОЗИМЕТРИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

С 1952 г. в Радиовом институте исследуются фундаментальные научные проблемы дозиметрии ионизирующих излучений. Эти работы были начаты под руководством К.К. Аглинцева — крупного ученого в области дозиметрии и метрологии ионизирующих излучений, основателя отечественной научной и прикладной дозиметрии.

На основе современных ядерно-физических методов исследовались вопросы, связанные с теорией ионизации в полости и с количественной стороной механизма регистрации γ -излучения с помощью ионизационных камер, счетных трубок и фотопленок. Исследования пространственных и энергетических распределений вторичных электронов, выбиваемых из различных материалов γ -излучением ^{60}Co и ^{137}Cs , позволили количественно охарактеризовать эффективность разных детекторов γ -излучения, проследить процесс формирования электронного равновесия в стенках детекторов и сделать выводы относительно применимости принципа Брегга-Грея к измерениям поглощенной дозы излучения наперстковыми ионизационными камерами.

Теоретические и экспериментальные исследования фотографического действия рентгеновского и γ -излучений, включающие определение чувствительности фотоматериалов к моноэнергетическим электронам разной энергии, позволили получить результаты, важные для фотодозиметрии и радиографии.

В целях уточнения характеристик процесса взаимодействия γ -излучения с веществом с помощью отработанной спектрометрической методики были детально изучены угловые распределения фотоэлектронов, испускаемых в элементарном акте взаимодействия в зависимости от атомного номера материалов. Были получе-

ны значения сечений фотоэффекта и установлено, что вопреки теории Заутера число электронов, испущенных вперед, не равно нулю.

В области дозиметрии β -излучения были изучены формы действующих электронных спектров в полях различных β -источателей и установлен простой и важный эмпирический закон постоянства значения поглощенной дозы на одну β -частицу для β -спектра данной граничной энергии. Эти исследования позволили разработать важную для медицинской радиологии систему облучения электронами и градуировки β -дозиметров.

Дальнейшие исследования в области научных основ дозиметрии квантового ионизирующего излучения проводились под руководством В.В. Смирнова. Начатые в 1952 г. исследования вторичных электронов получили дальнейшее развитие, было осуществлено комплексное изучение всех макроскопических характеристик полей электронного излучения (пространственно-энергетические распределения, абсолютные выходы), возникающих в различных материалах под действием моноэнергетических фотонов с энергиями от 30 кэВ до 3 МэВ.

В развитие теории ионизации в полости с точки зрения учета вклада, вносимого в ионизацию вторичными электронами обратнорассеянными стенками полости, были исследованы характеристики процесса обратного рассеяния электронов различной энергии от материалов разного атомного номера. С помощью спектротрических методов определялись спектры и угловые распределения обратнорассеянных электронов в области энергий от 4 кэВ до 1,8 МэВ и находились значения коэффициентов обратного рассеяния электронов от разных материалов для различных энергий и направлений вылета.

С целью определить основные закономерности формирования полей вторичного электронного излучения были получены экспериментальные данные о медленных (истинно вторичных) электронах, выбиваемых γ -излучением из металлических мишеней, позволившие помимо чисто количественных характеристик установить закономерности связи между выходами медленных и быстрых вторичных электронов; было показано, что их отношение является линейной функцией средних потерь энергии быстрых электронов и определяется эмиссионной способностью материала мишени.

Полученные экспериментальные данные и проведенный анализ механизмов формирования полей быстрых и медленных вторичных электронов впервые позволили перейти к количественному решению ряда сложных задач радиометрии и дозиметрии γ - и рентгеновского излучений, к созданию новых и оптимизации существующих детекторов фотонного излучения. Был разработан и создан принципиально новый детектор γ -излучения прямой зарядки, обладающий малым ходом с жесткостью в широком диапазоне энергий и потоков фотонов, а также заложены основы для создания высокоэффективных конвертеров γ -излучения.

Для широкого рассмотрения вопросов, связанных со вторичным электронным излучением и разработкой эффективных детекторов γ -излучения и частиц в Радиовом институте было проведено два Всесоюзных совещания — 29—31 октября 1975 г. и 6—8 декабря 1983 г. Программы совещаний охватывали широкий круг вопросов, связанных с прохождением ионизирующих излучений через вещество, характеристиками полей вторичных электронов, радиационными эффектами на границе раздела сред, вторичными эмиссионными детекторами ядерных излучений и другими задачами. Труды двух совещаний были изданы под редакцией В.В. Смирнова и М.Я. Грудского, причем труды первого совещания по вторичным электронам были переведены на английский язык и изданы в США в 1979 г. В 1986 г. вышла в свет монография «Вторичное электронное излучение из твердых тел под действием γ -квантов» (авторы А.Ф. Аккерман, М.Я. Грудский, В.В. Смирнов. М.: Энергоатомиздат, 1986). Для развития, поддержки и согласования работ в области фундаментальных проблем дозиметрии и исследований прохождения ионизирующих излучений через вещество был создан Междуведомственный координационный совет, в состав которого вошли крупные ученые-специалисты в указанной области. В 1993—1994 гг. был проведен большой комплекс исследовательских работ по научному обоснованию и развитию методов и средств дозиметрии β -излучения.

Помимо исследования фундаментальных проблем дозиметрии в отделе ядерно-физических исследований Радиового института в период с 1964 г. по настоящее время проводился широкий комплекс прикладных исследований,

имеющих важное практическое и оборонное значение. Особо следует отметить такие направления:

разработка, изготовление и внедрение в серийное производство изотопных источников мягкого γ -излучения на основе гадолиния-153 и самария-145, обладающих высокой радиохимической чистотой и высокой удельной активностью препарата и используемых для задач ядерной геофизики и медицины, а также металлических источников β -излучения на основе технеция-99 и никеля-63 для контактной радиографии и градуировки β -дозиметров;

разработка и применение автордиографического метода усиления фотоизображения и β -радиографического метода для задач криминалистики и экспертизы документов;

проведение комплекса экспериментальных и натурных исследований по обоснованию применения технеция-99 в качестве радиоактивной защиты от обрастания плавсредств, гидросооружений и аппаратуры;

проведение исследований, разработка мето-

дов и аппаратуры контроля радиоактивности объектов окружающей среды (почвы, воды, воздуха), включая определение радиохимического и изотопного состава плутония, урана и других радиоактивных веществ;

разработка высокочувствительных методов рентгенофлюоресцентного анализа материалов и объектов окружающей среды на содержание в них тяжелых металлов;

проведение исследований и разработка методов аппаратуры для поиска и обнаружения **ВВ** ядерно-физическими методами;

разработка приборов для регистрации радона и долгоживущих продуктов распада и методов метрологического обеспечения этих измерений на базе «радоновой комнаты» в подземной низкофоновой лаборатории.

Целый ряд указанных научных и прикладных исследований и разработок проводился в тесном сотрудничестве с крупными научно-исследовательскими и промышленными предприятиями, что способствовало их развитию и внедрению результатов в практику.

От Лаборатории № 2 до Курчатовского института

Н.Н. Пономарев-Степной, И.Н. Головин, Л.Л. Соколовский

Российский научный центр «Курчатовский институт», называемый до ноября 1991 г. Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова, а до этого Лабораторией № 2 Академии наук СССР, известен во всем мире просто как Курчатовский институт. Это один из крупнейших исследовательских центров России в области естественных наук. Образованный в разгар второй мировой войны для решения сугубо оборонной задачи и достаточно быстро решивший ее, Курчатовский институт со временем стал решать широчайший круг научных проблем: как военных, так и мирных, как прикладных, так и фундаментальных. Этот круг постоянно расширялся и стал охватывать практически все направления естественной науки. Доля работ оборонного характера постоянно сокращалась за счет конверсии, а также в связи с возникновением новых фундаментальных направлений.

Курчатовский институт ведет свое начало с 12 апреля 1943 г., когда в самый разгар второй мировой войны была создана специальная Лаборатория № 2 Академии наук СССР для проведения исследований, которые должны были привести к созданию ядерной бомбы.

Уже в 1940 г. крупнейшие ученые нашей страны осознали, что наступил качественно новый этап в развитии физики атомного ядра. Изучение недавно открытой реакции деления урана и появившейся возможности практического использования внутриядерной энергии охватило многие институты, в них накапливались важные результаты исследований, которые были прерваны начавшейся войной.

В Ленинграде это были Радиевый институт под руководством академика В.Г. Хлопина, Физико-технический институт во главе с академиком А.Ф. Иоффе, Институт химической физики, возглавляемый молодым Н.Н. Семеновым. В Москве — ФИАН с С.И. Вавиловым во главе, в Харькове — ХФТИ с ядерными лабораториями К.Д. Синельникова, А. К. Вальте-

ра и А.И. Лейпунского. 30 июня 1940 г. в Академии наук СССР была создана Урановая комиссия под председательством В.Г. Хлопина и с академиками В. И. Вернадским и А.И. Иоффе в качестве его заместителей. Среди ее членов были академики П. Л. Капица и геолог А.Е. Ферсман, а также И. В. Курчатов, Ю.Б. Харитон и др. И.В. Курчатов возглавил составление программы первоочередных работ. Еще летом 1939 г. Я. Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон, используя результаты экспериментов лабораторий разных стран, выполнили расчеты и показали, что, имея десяток килограммов легкого изотопа урана — урана с атомной массой 235, можно в принципе сделать компактный заряд, по силе взрыва эквивалентный десятку тысяч тонн тринитротолуола обычных авиабомб, и доложили об этом на семинаре Ленинградского физико-технического института.

Наши ученые-ядерщики, оторванные военными задачами от своих фундаментальных исследований, были озабочены исчезновением открытых публикаций по этой проблеме и, понимая, что работы по использованию ядерной энергии могут проводиться в военных целях в фашистской Германии, обращали на это внимание руководства страны. Государственный комитет обороны, являвшийся верховной властью в стране, признал необходимым возобновить прерванные началом войны работы по исследованию возможности овладения внутриядерной энергией и принял решение об организации Лаборатории № 2. Была поставлена задача исследования возможности создания атомной бомбы. Так родился научный центр, ставший у истоков атомной промышленности страны.

Руководителем лаборатории и всей атомной проблемы был назначен 40-летний профессор Игорь Курчатов. Курчатову были предоставлены широкие полномочия по привлечению необходимых институтов, конструкторских бюро и заводов, а также людей из действующей армии или с военных заводов.

С первых дней Курчатов привлек наиболее талантливых и готовых по своей предвоенной деятельности к решению поставленной задачи: Ю.Б. Харитона, Г.Н. Флерова, И.К. Кикоина, А.И. Алиханова, в то время молодых ученых в возрасте от тридцати до сорока лет. Им предстояло конкурировать с лучшими физиками мира, собранными в США для решения этой проблемы и уже практически три года активно работающими над ней. Первый заместитель председателя Совнаркома СССР В. М. Молотов возложил тогда на М.Г. Первухина, наркома химической промышленности и тоже зампреда Совнаркома, и на нескольких человек в аппарате СНК во главе с А. И. Васиным повседневную помощь им в организации исследований и привлечении промышленности.

Работа началась сразу, хотя и в небольшом объеме, и даже в тяжелых условиях войны, когда все силы были мобилизованы на обеспечение побед на фронтах, дала важные результаты. Уже в конце 1944 г. в Гиредмет профессор Н.П. Сажин с З.В. Ершовой и другими сотрудниками получил первые килограммы весьма чистого металлического урана. В Лаборатории № 2 был построен небольшой циклотрон, позволивший, облучая нейтронами уран, накопить индикаторные, еще не массовые количества нового, не существующего в природе элемента — плутония — основного металла для ядерного заряда, что позволило химику Б.В. Курчатову (брату И.В. Курчатова) начать изучение его ядерных и химических свойств и даже выработать первые рекомендации по промышленной технологии отделения плутония от урана и его осколков.

Московский электродный завод по техническим требованиям и под контролем В.В. Гончарова от Лаборатории № 2 начал выпускать сверхчистый графит, необходимый для возбуждения цепной реакции деления в уране с природной концентрацией изотопов для получения плутония в промышленном масштабе.

По первоначальному замыслу Лаборатория № 2 должна была решить все аспекты проблемы — от получения ядерного взрывчатого вещества до конструирования бомбы, изготовления всех ее частей и испытания на полигоне.

Коллектив Лаборатории №2 Курчатов наращивал без спешки, очень тщательно подбирая в него сотрудников, наиболее пригодных для решения стоящих задач. К концу 1944 г. пол-

ное их число, включая водителей автомашин и кочегара, составляло около 100 человек, из которых половина физиков (экспериментаторов и теоретиков) и радиохимиков высокой квалификации.

Годы 1944, 1945 и 1946 явились годами поиска решений, способных наиболее быстро привести к цели. В этот период тщательно анализировали выбор ядерного взрывчатого вещества, сопоставляли уран-235, плутоний-239 и уран-233. Сравнивали средства их получения: разделение изотопов для получения урана-235, с одной стороны, и с другой стороны, создание атомных котлов (реакторов) для накопления в них плутония и урана-233 с последующим химическим выделением плутония и урана-233. Вели расчеты критических масс для ядерного заряда, измерения фундаментальных ядерных констант. Сопоставляли уран-графитовые и уран-тяжеловодные котлы. Рассматривали различные методы разделения изотопов: на ультрацентрифугах, диффузией газообразного соединения урана через пористые перегородки, электромагнитные в разных вариантах, термодиффузией и другие. Велись измерения и расчеты по способам перевода массы ядерного заряда из подкритического состояния в надкритическое для взрыва.

Жизнь Лаборатории № 2 начиналась в 1943 г. в Пыжевском переулке в нескольких комнатах Сейсмологического института АН СССР, находящегося рядом с построенным в 50-х годах на Ордынке многоэтажным зданием нынешнего Министерства Российской Федерации по атомной энергии. После осмотра ряда зданий на улицах Москвы, предложенных ему правительством, Курчатов остановился летом 1943 г. на недостроенном здании Всесоюзного института экспериментальной медицины на краю бывшего обширного артиллерийского стрельбища на окраине Москвы в районе Покровского-Стрешнева.

Здесь Курчатов с сотрудниками наметили строительство всех необходимых лабораторных помещений, включая подземную лабораторию для опытов по стрельбе из пушки в целях изучения на макетах «пушечного» варианта подрыва ядерного заряда. Достроив приглянувшееся здание, начали работать и жить в нем.

В 1944 г. пришли к выводу, что для возбуждения цепной ядерной реакции в природном уране надо создавать пространственную ре-

шетку для блоков металлического урана в замедлителе — тяжелой воде или графите. И. И. Гуревич и И.Я. Померанчук создали теорию кинетики нейтронов в такой неоднородной системе и соответственно теории процессов протекания в ней реакций. Г.Н. Флеров и В.А. Давиденко в экспериментах с вольфрамовыми блоками, заменявшими уран, в парафине с помощью «слабенького» источника нейтронов подтвердили справедливость этой теории. Начались расчеты по оптимизации шага решетки и размеров блоков урана.

В апреле 1945 г. Курчатов докладывает И. В. Сталину четыре главных направления проблемы: уран-графитовый реактор, диффузионный завод для наработки урана-235, получение тяжелой воды для уран-тяжеловодного реактора, наконец, конструирование бомбы.

Следует отметить, что для получения урана-235 И.К. Кикоин и Ф.Ф. Ланге изготовили на Уфимском авиазаводе ультрацентрифугу длиной 5 м, в которой, согласно еще довоенным расчетам Ю.Б. Харитона, разделение изотопов урана должно идти достаточно эффективно. Когда разведка донесла, что в США применены диффузионный и электромагнитный способы разделения изотопов, Ф. Ф. Ланге направили в Свердловск для проведения исследований на центрифуге, а в Лаборатории № 2 сконцентрировали силы на диффузионном разделении. Одновременно Курчатов предложил Л. А. Арцимовичу переехать из Казани в Москву и возглавить электромагнитное разделение в Лаборатории № 2.

В апреле 1945 г., подобно американской миссии АЛСОС, была организована экспедиция во главе с генерал-лейтенантом МВД А.П. Завенягиным в Австрию и Германию, которая следовала за нашими наступавшими войсками. Задачей экспедиции были: розыск и вывоз в Советский Союз урана, специалистов, работавших в области проблемы, документации, установок, а если встретятся, то и промышленных объектов соответствующего профиля. Сотрудники Лаборатории № 2 (и нескольких других привлеченных к ее тематике организаций) — Ю. Б. Харитон, И. К. Кикоин, Г. Н. Флеров, Л. М. Неменов, И. Н. Головин, Л. А. Арцимович, В. А. Давиденко, В.Б. Шевченко и другие, общим числом около 25 человек, одетые в форму старшего офицерского состава войск МВД, в сопровождении помогав-

ших им младших командиров, вылетели в разные дни в Вену, Берлин и другие места, по мере занятия их Красной Армией. Была собрана документация, привезен порошкообразный уран и пластины сплавленного металлического урана. десятки тонн оксида урана. Стало ясно, что под руководством В. Гейзенберга при мощной химической промышленности Германии немецкие физики продвинулись дальше нас в подготовке возбуждения управляемой цепной реакции в природном уране. Но следов разработки бомбы обнаружено не было.

Вся научная и техническая документация, а также сотни килограммов металлического урана были доставлены Курчатову в Лабораторию № 2. Сюда были привезены приборы и оборудование ряда демонтированных немецких институтов. Это значительно ускорило работу.

Предшествовавшие два года эксперимента-торы буквально нищенствовали. Какой-нибудь миллиамперметр переносили из лаборатории в лабораторию, одалживая его на день-другой. Форвакуумный насос был редкой драгоценностью, а за неимением мебели сидели порой на покрытых мешковиной ящиках из-под изредка поступавшего оборудования, за самодельными наскоро сколоченными столами. Военные трофеи позволили начать полноценные эксперименты. Библиотека получила комплекты так остро необходимых научных журналов, справочников и книг.

Взрыв американской опытной плутониевой атомной бомбы на полигоне Аламогордо 16 июля 1945 г. стимулировал значительное ускорение работ по урановому проекту. Надо отдать должное руководству страны, быстро сориентировавшемуся в неожиданно грозной обстановке. Приняв решение в кратчайший срок получить свои атомные бомбы, оно создало эффективно действующий административный аппарат, которому были подчинены те министерства, от которых требовался большой вклад в дело создания бомбы, выделены неограниченные ресурсы.

Таким образом, была создана система, в которой и научные институты, и конструкторские бюро, и промышленные предприятия разных отраслей, и органы государственного управления были объединены и жестко подчинены одной административной структуре. В той ситуации только такой подход мог обеспечить (и обеспечил) быстрое и эффективное ре-

шение сложнейшей проблемы — создание ядерного оружия.

Ученые Лаборатории были заняты решением фундаментальных физических и технических проблем реактора и разделения изотопов урана. Физические и химические исследования выявляли технические проблемы, которые изучались работавшими здесь же инженерами-технологами, которые затем ставили задачи перед конструкторскими, технологическими и промышленными предприятиями страны. Для решения поставленной задачи требовался качественный скачок в производстве высококачественных материалов, в частности графита, урана, сплавов алюминия, и такие технологии были разработаны и внедрены в производство в кратчайшие сроки. И.В. Курчатов и другие руководители проблемы сумели организовать дело так, чтобы свести к минимуму отвлечения работников науки и техники на излишние формальности. Новое оборудование и материалы разрабатывались и поступали в Лабораторию без проволочек.

В 1945 г. первоочередной задачей Курчатова, сотрудников Лаборатории № 2 было развертывание работ по созданию уран-графитового котла для производства плутония. Под наблюдением В. В. Гончарова на Московском электродном заводе налаживалось производство графита необходимой чистоты. К разработке технологии изготовления чистого урана на Заводе № 12 в г. Электростали был привлечен в помощь Гиредмет крупный немецкий специалист по производству урана металловед Н. Риль. Сотрудниками Лаборатории № 2 разработан и непрерывно проводился ядерно-физический контроль очистки урана и графита от поглощающих нейтроны примесей. Под руководством Ю.Б. Харитона В.И. Меркин с сотрудниками проводили эксперименты по стрельбе из винтовки в винтовку. Это был первый шаг пушечного варианта взрыва бомбы. Но Б. Л. Ванников в конце года расширил эти эксперименты — привлек к ним артиллерийский НИИ-88, возглавляемый В.Г. Грабиным. И.К. Кикоин с молодыми тогда академиком С.Л. Соболевым и теоретиком Я.С. Смородинским развили теорию каскадов диффузионных машин для разделения изотопов урана.

Перегородки для диффузии через них газообразного шестифтористого урана начали делать в мастерских И.К. Кикоина на разрабо-

танном с его участием автомате, прокалывавшем в никелевых фольгах сотни тысяч дырочек в сутки.

Л.А. Арцимович, И.Н. Головин и Г.Я. Щепкин развивали и сопоставляли варианты способов электромагнитного разделения изотопов. К концу года они остановились на стационарных ионных пучках с поворотом их в магнитном поле на 180° .

Продолжалось сопоставление и расчеты тяжеловодных и уран-графитовых реакторов. М.И. Корнфельд и Д.М. Самойлович изучали и сопоставляли разные способы получения тяжелой воды и под руководством А. И. Алиханова вовлекли Чирчикский завод в ее изготовление. Расширилась работа с Н.А. Доллежалем, руководившим НИИхиммаш, по концепции промышленного уран-графитового реактора; нарастали связи с Институтом элементоорганических соединений по производству газообразного шестифтористого урана для диффузионного разделения и легколетучего четыреххлористого урана для электромагнитного разделения изотопов, с ВИАМ — по материалам для промышленных реакторов, с Институтом физической химии — по коррозии, с Котлотурбинным институтом — по теплосъему. Велось проектирование и строительство зданий на территории Лаборатории № 2 для большого циклотрона, физического уран-графитового реактора, подземной лаборатории для перехода от экспериментов на винтовках к использованию артиллерийских орудий для пушечного варианта бомбы, здания для электромагнитных разделительных установок.

Становилось ясно, что на одной площадке, одному коллективу всех задач не охватить. В конце 1945 г. А.И. Алиханов отделился в самостоятельный институт — Лабораторию № 3 с главной программой — созданием тяжеловодных реакторов.

Зимой 1945—1946 гг. начали искать уединенную местность для проведения всех исследований по конструированию бомбы. Остановились на разоренной Саровской пустыни в 375 км от Москвы, где в 30-х годах была колония для малолетних, а во время войны — небольшой военный завод. К нему вела узкоколейная железная дорога от Арзамаса. Монастырь расположен среди необъятного леса Мордовского заповедника. В самом монастыре начиная с лета 1946 г. разместили первые

лаборатории Ю.Б. Харитона и переведенных к нему из Лаборатории № 2 научных сотрудников Г.Н. Флерова, В.А. Давиденко, Д.П. Ширшова, В.А. Александровича и других. Здесь в сверхсекретном КБ-11 были сосредоточены все научные и конструкторские «бомбовые» задачи.

Проведенные экспериментальные исследования и расчеты, а также ознакомление с возможностями промышленности показали, что уран-графитовые реакторы могут начать промышленную выдачу плутония на год раньше, чем тяжеловодные, т. е. в 1948 г. Поэтому задача Курчатова по созданию физического прототипа уран-графитового реактора была принята техсоветом ПГУ за первоочередную. К 1946 г. из двух методов разделения изотопов диффузионный был больше продвинут, чем электромагнитный.

В начале 1946 г. в Лаборатории № 2 сформировались три отдела. В задачу отдела «К» под руководством И.В. Курчатова входили разработка промышленного производства плутония на уран-графитовом реакторе и проведение ядерно-физических исследований и измерений для бомбы, а также важнейшие вопросы радиохимии, прежде всего по выделению плутония. Отдел «Л» под руководством И.К. Кикоина занимался созданием диффузионного завода для обогащения урана до 90% ураном-235, а отдел «А» под руководством Л.А. Арцимовича двигался к той же цели с помощью электромагнитных установок.

И.К. Кикоин и Л.А. Арцимович были назначены заместителями И.В. Курчатова по Лаборатории № 2. Тогда же выбрали площадки на Урале для трех, как тогда называли, «заводов», приступили к их проектированию в Ленинграде, в ГСПИ-11, возглавляемом А.И. Гуговым, и в том же году начали строительство. На сотрудников названных трех отделов легла ответственность научного руководства в создании трех промышленных объектов.

1946 г. завершился самым крупным достижением в отделе И.В. Курчатова: 25 декабря впервые на нашем континенте была осуществлена в реакторе Ф-1 самоподдерживающаяся цепная реакция урана. Были продемонстрированы возможность подъема мощности до 4 МВт и внутренне присущая безопасность реактора, связанная с тем, что при росте мощности и соответственно при нагреве реактора

размножение нейтронов уменьшалось, реакция деления затормаживалась и мощность падала. Физики, радиохимики, металловеды, биологи получили невиданный ранее мощный источник нейтронов и начали вести все необходимые исследования для проектирования промышленного производства плутония и разработки мер защиты обслуживающего персонала и населения от огромной, неизвестной до того радиоактивности, возникающей в урановом котле.

В 1946 г. значительного прогресса достиг И. К. Кикоин. Вместо прокальвания дырочек был освоен химический метод создания пористых перегородок, предложенный немецким физиком, работавшим в Сухуми, построены первые газовые компрессоры, начато их серийное производство. Газообразный UF поступал в достаточном количестве, и пошли эксперименты по обогащению ураном-235 на небольшом каскаде.

Л.А. Арцимович с П.М. Морозовым и другими сотрудниками создали первый ионный источник с испарением UCl₄, и на трофейном электромагните продемонстрировали доведение до приемника двухмиллиамперного пучка ионов UCl₄.

Если предшествующие годы были затрачены на разработку принципов, то три следующих — 1947, 1948, 1949 гг. были годами быстрого строительства первых предприятий атомной промышленности.

Немалую роль в успешном решении задачи создания атомной бомбы сыграла информация, полученная от разведки. В 1945 г. разведчики доставили важную информацию из США. И.В. Курчатову был представлен чертеж с разрезом плутониевой бомбы, предназначенной, как сообщалось в тексте, для испытания в Аламогордо в июле 1945 г. Были приведены размеры и названы основные материалы. Сообщалось многое о реакторах для производства плутония и кое-что о построенных заводах диффузионного и электромагнитного разделения изотопов урана. С этими документами был ознакомлен вначале только Курчатов. На совещаниях у Б.Л. Ванникова и в Спецкомитете у Л.П. Берии с ограниченным составом участников Курчатов подробно доложил о полученных материалах и предложил познакомиться с материалами по бомбе только Ю.Б. Харитона, с данными о реакторах — Н.А. Доллежала

и Б.М. Шолковича — двух руководителей проектов реакторов, Л.А. Арцимовича и И.К. Кирина — каждого только с полезными ему непосредственно сообщениями по разделению изотопов.

И.В. Курчатов оценил материалы весьма положительно и указал, какие дополнительные сведения надо получить от разведки. В полученных материалах была видна профессиональная грамотность их составителя. Но в них содержались далеко не все необходимые данные для конструирования бомбы, плутониевых реакторов и разделения изотопов. В те годы нередко в наши руки попадали образцы зарубежной техники, значительно превосходившие наши разработки. Так было, например, с радиолокаторами, переданными У. Черчиллем для обороны Москвы. На нашей территории оказался американский бомбардировщик Б-29. Адмиралу А. И. Бергу, ответственному за радиолокацию, и генеральному конструктору самолетов А.Н. Туполеву правительство приказало точно воспроизвести полученные образцы и испытать их, не внося в них никаких изменений. Так поступали много раз. В случае с бомбой положение было гораздо сложнее. Была бумага, а не действующий образец. Чтобы по нему создать натуру, надо было выполнить огромную работу, затратить массу времени. А можно ли исключить, что получен чертеж неудачного варианта бомбы, от которого американцы отказались? Достоверно было только одно: бомбы — не фантазия, не заблуждение физиков. Они созданы и взрываются с огромной разрушительной силой, соответствующей нашим, еще довоенным расчетам. В документах не обнаружили ничего противоречащего и нашим научным представлениям. Описание путей к бомбе — производства плутония, разделения изотопов — не противоречило нашим начинаниям, а только отбирало часть из них. И хотя были собственные оригинальные и более совершенные предложения, в интересах скорейшего и наименее рискованного проведения первого испытания приняли решение — реализовать в первом отечественном атомном заряде уже испытанную американскую схему.

А обстановка, в которой работали, была грозная. К 1949 г. на урановую проблему уже были истрачены огромные средства, так необходимые для восстановления хозяйства истерзанной войной страны. В новой ядерной про-

мышленности по всей стране работали тысячи и тысячи людей и в том числе множество первоклассных специалистов, способных сделать важнейший вклад в другие области промышленности.

Среди сотрудников И.В. Курчатова распространилось утверждение, что всем руководителям, самому Курчатову и другим, ответственным как за бомбу, так и за производство плутония, разделение изотопов, подобраны дублеры, и в случае неудачного испытания первой бомбы на полигоне всем им грозит беспощадная расправа, как поведшим по ложному пути. А полученные разведкой материалы не содержали ряда важных сведений.

Расчеты Я. Б. Зельдовича с сотрудниками требовали, чтобы разброс в срабатывании капсулей детонаторов бомбы не превосходил $3 \cdot 10^{-7}$ с. У артиллеристов от этого требования волосы дыбом вставали. Больше года в КБ-11 напряженная работа первоклассных экспериментаторов не приносила успеха в решении этой задачи. И.В. Курчатов, как говорится, засучив рукава, стал разбираться в преодолении возникшего препятствия, предотвратил назревавшее эмоциональное решение и привлек в КБ-11 молодого энергичного высоковольтника В.С. Комелькова, предложившего новый подход к решению задачи и достигшего полного успеха в 1948 г.

Мы, как и американцы, использовали в диффузионном разделении изотопов шестифтористый уран. Но из-за агрессивной коррозии у нас до выходных каскадов не доходило ничего. И потому предельное обогащение ураном-235 в 1949 г. достигало только 40%. Как побороть коррозию? На электромагнитных установках никак не удавалось сделать источники с током ионов 100 мА с хотя бы суточным сроком службы.

Такие задачи возникали на каждом шагу. Работу пришлось проделать огромную. Одни решения получились у нас удачнее, чем у американцев, другие уступали, как мы узнали позже, когда они показали часть своих разработок на выставке в Женеве в 1958 г. во время Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии и при посещении через год их ядерных центров нашей первой научной делегацией во главе с В.С. Емельяновым с участием А. П. Александрова, Л. А. Бочвара, В.И. Векслера, И.Н. Головина, Н. А. Доллежаля, А.И. Лейпунского.

Реакторы для производства плутония получились у нас лучше, чем у американцев. Наши реакторы с вертикальными каналами, содержащими уран, оказались долговечнее американских с горизонтальными каналами. В наши промышленные реакторы вложили свои инженерные таланты физик-твердотельщик А.П. Александров, позже академик, директор Института атомной энергии им. И.В. Курчатова, президент Академии Наук СССР, и Н.А. Доллежал, в дальнейшем тоже академик, генеральный конструктор промышленных реакторов как для производства плутония, так и для атомных электростанций.

У нас первые промышленные реакторы проработали около сорока лет, тогда как американцы были вынуждены начать вывод из эксплуатации первых хэнфордских реакторов в середине 60-х годов.

Полученные разведкой материалы приблизили испытание первой бомбы примерно на год, а вот в разделении изотопов скорее задержали. Нельзя исключить, что без полученной информации И.К. Кикоин довел бы сразу начатые им с Ф.Ф. Ланге опыты с ультрацентрифугой до промышленного образца, а не переключился на них в 50-х годах, превзойдя тогда американские и европейские разработки. Центрифуги позволили бы уже в конце сороковых годов сбересть много электроэнергии на Урале для других отраслей промышленности и шире развернуть обогащение урана.

Пуск физического реактора Ф-1 на территории Лаборатории № 2 позволил И.В. Курчатову уверенно подписать проект промышленного реактора «А» и провести необходимые обширные исследования. Строительство Кыштымского плутониевого завода (База № 10), его вспомогательных сооружений, жилого поселка развернулось на Южном Урале уже в 1946 г. В 1946 г. было сооружено здание реактора «А», радиохимического Завода «Б», несколько позже — Завода металлургии «В». В начале 1948 г. Курчатов с главными участниками сооружения Ф-1 и проекта «Ф» В.С. Фурсовым, В.И. Меркиным, И.С. Панасюком, Е.Н. Бабулевым, В.Г. Дубовским и другими инженерами, лаборантами, техниками и рабочими Лаборатории № 2 выехали на Базу № 10 на монтаж, пуск и начальную эксплуатацию реактора. Вслед за ними выехали и руководители ПГУ: Б.Л. Ванников, А.П. Завеня-

гин, Е.П. Славский; И.К. Кикоин со своими ведущими сотрудниками выехал на Средний Урал, где для диффузионного завода были переданы цеха, предназначавшиеся для авиационного завода. В 1947 г. Л.А. Арцимович развернул работу во вновь построенном здании на площадке Лаборатории № 2, смонтировав в его зале одну за другой три установки с электромагнитами, весящими сотни тонн каждый, вакуумными камерами объемом примерно в 1 м³, вызвав быструю разработку диффузионных высоковакуумных насосов, течеискателей, вакууметров в Харьковском физико-техническом институте у К.Д. Синельникова и в созданном Вакуумном институте под руководством С.А. Векшинского в Москве.

22 июня 1948 г. Курчатов с сотрудниками вывели на проектную мощность 100 МВт плутониевый реактор, а вскоре, пройдя через первые неудачи, начали систематическое накопление плутония, превысив проектную мощность реактора более чем вдвое.

В 1949 г. И.К. Кикоин, преодолевая большие препятствия, обусловленные агрессивностью шестифтористого урана, начал выдачу килограммов урана, обогащенного до 40% ураном-235. У Л.А. Арцимовича ионный ток с источника превысил 50 мА, и И.В. Курчатов поручил ему довести уран до бомбовой кондиции. Около месяца круглосуточной работы на экспериментальной установке в Лаборатории № 2 — и полученный с Базы № 5 от И.К. Кикоина уран был дообогащен. Было получено 400 г урана, содержащего от 92 до 98% (в разных порциях) урана-235.

А в районе Верхней Туры на Северном Урале уже был построен и заселен поселок для электромагнитного завода. Корпус главного цеха был готов и шел монтаж пятиэтажного магнита с двадцатью трехисточниковыми камерами. Строились остальные цеха, а отдел «А» в Лаборатории № 2 был наводнен стажерами: будущими операторами, сборщиками ионных источников и приемников пучков, начальниками цеха Электромагнитного завода — Базы № 9.

В это же время А.А. Бочвар с сотрудниками на Заводе «В» Базы № 10 «ковали» полушария первого плутониевого заряда. Курчатову надо было быть уверенным, что масса полного заряда при сложенных двух полушариях на расчетное малое значение меньше критической.

Эту проверку, как наиболее надежному и опытному экспериментатору, И.В. Курчатов поручает Г.Н. Флерову и вместе с Ю.Б. Харитоновым назначает ему в помощь Ю.С. Замятнина и Д.П. Шишова.

Эксперимент опасный и его проводят на Базе № 10 в отдаленном от всех домике среди леса под охраной одного офицера. Убедились, что сложенный шар, окруженный тем, что будет в бомбе, безопасен и близок, как надо, к критическому. Осталась последняя операция: покрыть его защитным слоем никеля, чтобы избавиться сборщиков бомбы от токсичности plutония, а металл от окисления. Эту операцию по рецепту А.И. Шальникова выполняет А.П. Александров, в то время директор Института физических проблем, приехавший сюда же, на завод «В» Базы № 10.

Все проверено и перепроверено. И.В. Курчатов с Ю.Б. Харитоновым уверены, что все будет действовать в американской модели бомбы. Предстоял решающий эксперимент — взрыв на полигоне. Он прошел на Семипалатинском полигоне с полным успехом 29 августа 1949 г.

Теперь предстояло решение следующей, уже утвержденной правительством задачи — создание водородного оружия.

Основополагающие идеи были высказаны еще в сентябре 1948 г. молодым, только что защитившим кандидатскую диссертацию по теоретическим вопросам физики атомного ядра, А.Д. Сахаровым. Предложенный им подход в корне отличался от переданной К. Фуком через разведку первоначальной идеи Теллера, оказавшейся ошибочной. Позже Теллер от нее отказался.

Курчатов как руководитель проблемы овладения ядерной энергией в целом отвечал и за разработку термоядерной бомбы. Но конструирование всех вариантов ядерного оружия и как теоретическое, так и экспериментальное обоснование конструкции полностью велось у Ю.Б. Харитона в КБ-11. У себя Курчатов организовал для водородной бомбы только исследование ядерных реакций дейтронов с изотопами лития и железа, а также измерение сечения синтеза дейтерия с тритием при разных энергиях. Для этих целей он пригласил из Ленинграда Н.А. Власова и подчинил ему несколько молодых физиков, чтобы провести названные исследования на большом циклотро-

не, сооруженном в 1947 г. под руководством Л.М. Неменова.

Обеспечить измерения сечений синтеза дейтерия с тритием И.В. Курчатов поручил М.Г. Мещерякову, начальнику Гидротехнической лаборатории, в то время филиала ЛИПАН в Дубне. Там В.А. Давиденко провел эти измерения на двухсотвольтовой ускорительной трубе с пучком дейтронов и с циркониевой мишенью, насыщенной тритием. Там же И.С. Погребов провел эксперименты по кинетике нейтронов в «слолке» — предложенной Сахаровым конструкции бомбы.

Тем временем в КБ-11 создавалась первая термоядерная бомба. В ней А.Д. Сахаров реализовал идею В.Д. Гинзбурга, высказанную им еще в 1947 г., о получении трития, необходимого для дейтерий-трیتیевой реакции, в процессе самого взрыва, в результате облучения нейтронами лития с атомной массой 6. Отделение лития-6 от тяжелого изотопа лития-7 уже в 1947 г. разрабатывалось в двух вариантах: один на электромагнитной установке П.М. Морозовым в отделе Л.А. Арцимовича и другой, более дешевый, Б.П. Константиновым в Ленинградском физико-техническом институте. Встревоженное очень мощным американским взрывом 1 ноября 1952 г. на атолле Эниветок, правительство торопило А.Д. Сахарова с испытанием бомбы, а Б.П. Константинов не поспевал с запуском завода. Тогда И.В. Курчатов вызвал П.М. Морозова, убедился, что он уверен в успехе и послал его на Электромагнитный завод делить изотопы лития вместо урана. П.М. Морозов героически справился со всеми трудностями литиевой технологии. Количество полученного им за три месяца лития-6 определило взрывной эквивалент бомбы в 400 кт.

Испытание на полигоне успешно прошло 12 августа 1953 г. Ответственным за испытание вновь был Курчатов, его заместителем — И. Е. Тамм.

Хотя этот взрыв был в 25 раз слабее американского ноябрьского взрыва (еще не бомбы, а целой криогенной лаборатории «Майк»), но у нас была транспортальная конструкция, уменьшавшаяся в габаритах авиабомбы.

С этих пор научная направленность работ Лаборатории № 2, названной к тому времени Лабораторией измерительных приборов Академии наук (ЛИПАН), начинает изменяться от проб-

лем ядерного оружия к более широким исследованиям по ряду вопросов атомной науки и техники.

После успешного решения первого этапа военной программы мощный ядерно-промышленный комплекс, в котором сосредоточились лучшие научные и технические кадры, начал активный поиск использования созданного ядерного потенциала. Очевидным казался путь и последовательность этого поиска. Три среды: земля, вода, воздух, а позднее четвертая — космос. К каждой из них хотелось примерить ядерную энергию и для каждой из них взвесить «за» и «против». Предстояла очень большая работа, необходимо было разработать научные основы каждого направления, определить технические задачи и организовать их решение. В выполнении этих работ Курчатовский институт принимал активное участие от формулирования исходных принципов и до реализации. Каждое направление было опробовано, в каждом направлении были поставлены исходные точки: первая в мире АЭС, подлодка «Ленинский комсомол», ледокол «Ленин», «Ласточка», ДОУД-3, «Ромашка», ИВГ-300, «Енисей», а за этими первенцами последовали атомные электростанции, ядерные силовые установки для подводных лодок и надводных судов, авиационные и ракетные ядерные двигатели, космические ядерные энергетические установки...

Атомные станции. В 1949 г. приступили к проектированию первого исследовательского реактора и первой атомной электростанции. В Курчатовском институте были проведены предварительные проработки реакторов различного типа. В конце 1949 г. И.В. Курчатов принимает решение и поручает своим сотрудникам приступить к разработке небольшой атомной электростанции с уран-графитовым реактором канального типа с водой в качестве теплоносителя, используя опыт разработки плутониевого реактора. Была предложена схема реактора, выполнены основные нейтронные и тепловые расчеты. В 1951 г. работы по сооружению станции были переданы в Обнинск, а в ЛИПАН велись нейтронно-физические расчеты, эксперименты по теплосъему, испытания твэлов. Первая атомная электростанция была пущена в 1954 г.

В последующие годы мирная атомная энергетика неоднократно опиралась на опыт оборонных разработок.

В 1958 г. на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии прозвучало сообщение о пуске в Советском Союзе, в Сибири, новой атомной электростанции мощностью 100 тыс. кВт. В этом случае атомная техника демонстрировала свою способность двойного применения: непосредственно в одном агрегате осуществлялось производство оружейного плутония и электричества, позднее добавилось еще производство бытового тепла.

Успешные работы по реакторам с водой под давлением для судовых установок обусловили предложения о применении реактора этого типа для АЭС. В 1954—1955 гг. под руководством И.В. Курчатова было разработано и выдано конструкторским организациям задание на проект реактора для Нововоронежской АЭС. И.В. Курчатов объяснял: «Такие реакторы сравнительно невелики по размерам и просты по конструкции. Это позволяет рассчитывать на то, что затраты на сооружение атомной станции с водяным замедлителем будут минимальны». Пуск первого опытно-промышленного реактора ВВЭР-210 состоялся в сентябре 1964 г.

Техническим фундаментом реакторов АЭС являлись канальные уран-графитовые плутониевые реакторы и корпусные водо-водяные судовые реакторы. Этот выбор имел ясные предпосылки: оба типа имели хорошо освоенные прототипы в оборонной сфере.

Итак, направление использования атомной энергии для атомных станций стало для Курчатовского института одним из основных на все последующие годы.

Приоритетной задачей ядерной энергетики ближайшего и последующего этапов является безопасность действующих реакторов и в первую очередь реакторов первых поколений.

Основной стратегической задачей на перспективу является демонстрация и внедрение блоков новых поколений, уровень безопасности и экономические показатели которых обеспечат устойчивое развитие ядерной энергетики.

Атомные суда. Следующим за атомными станциями важнейшим разделом деятельности нашего Института стала работа по созданию атомного флота. Еще в конце 40-х годов А.П. Александров предложил приступить к проекту атомной подводной лодки. Но реше-

ние правительства начать эти работы было подписано в 1952 г. При проведении работ было предложено использовать организацию работ, полностью оправдавшую себя при проектировании плутониевых реакторов, т.е. нейтронная физика реактора, эскизные проработки конструкции, исследования по тепловыделяющим элементам, теплофизике и руководство опытно-конструкторскими работами должны быть возложены на ЛИПАН.

Принятие такого решения обеспечило привлечение к работе людей, имеющих наибольший опыт в реакторном деле, использование наиболее оперативным образом экспериментальной базы института. Научным руководителем был назначен А.П. Александров.

Различными институтами были предложены восемь вариантов реакторов для лодки. В начале 1953 г. в качестве основного был принят вариант водо-водяного реактора, предложенный Курчатовским институтом. Строительство лодки начали в июне 1954 г., спуск на воду осуществили в августе 1957 г., комплексные швартовые проходили в апреле-июне 1958 г. и, наконец, 4 июля 1958 г. был дан подводный ход под атомной установкой. Первое поколение атомных подводных лодок наглядно показало не только техническую осуществимость создания мощных компактных реакторных установок, но и их безопасность и надежность.

Сейчас эксплуатируются несколько поколений атомных подводных лодок. Разработаны и строятся малозумные лодки с мощными ядерными установками четвертого поколения. Разрабатываются концепции установок пятого поколения. В эксплуатации находятся три атомных тяжелых крейсера с ракетным вооружением.

Практически одновременно и параллельно по инициативе академиков И.В. Курчатова и А.П. Александрова проводились работы по атомным ледоколам.

Проектирование атомных ледоколов началось в 1953 г., через год после начала проектирования атомных подводных лодок. Атомный ледокол «Ленин», сданный в эксплуатацию в 1959 г., проработал очень эффективно 30 лет и в 1990 г. выведен из эксплуатации. Всего построено восемь атомных ледоколов, девятый находится на стапеле Балтийского завода. Атомные ледоколы коренным образом изменили обстановку на Северном морском пути,

расширили сроки навигации, которая в западном секторе Арктики стала круглогодичной. Столь мощный ледокольный флот для успешной работы требует крупных атомных грузовых судов. Такое судно было построено в 1988 г. — атомный лихтеровоз «Севморпуть» водоизмещением 62 000 т. Он успешно работает на трассе Кольский полуостров — Дудинка.

Научное направление судовых реакторов существует в Курчатовском институте и по сей день, постоянно генерируются новые идеи по развитию атомного судостроения и по использованию опыта атомных судов в других областях.

Атомные летательные аппараты. Самостоятельным направлением в области разработки ядерных реакторов стало создание различных ядерных энергетических установок для самолетов, ракет и космических аппаратов. Пожалуй, в этом направлении наиболее ярко проявились особенности ядерной энергии, ее «за» и «против».

Атомный самолет. В начале июня 1952 г. в Курчатовском институте формулируются основные проблемы создания атомного самолета

Прорабатываются пилотируемые и автономные самолеты, прямоточные и турбореактивные двигатели, реакторы с воздушным и с промежуточным жидкометаллическим охлаждением, реакторы на тепловых и быстрых нейтронах, безболочечные керамические твэлы и твэлы в металлических оболочках.

И. В. Курчатов и А. П. Александров договорились с А.Н. Туполевым о создании летающей атомной лаборатории на основе самолета Ту-95. Был создан наземный стенд и Летающая атомная лаборатория (в обиходе «Ласточка»).

Исследования и разработки показали, что атомный самолет осуществим, он может обладать практически неограниченными дальностью и временем полета. Но работы были прекращены. Основная причина: не решено и не найдено путей решения проблемы безопасности таких самолетов при тяжелых авариях.

Ядерная ракета. Широко известна фотография «Три К», на которой запечатлены Курчатов, Королев и Келдыш, обсуждающие схемы реакторов с твердофазной и газофазной активными зонами для ядерной ракеты.

Где же можно испытать твэлы таких реакторов при температурах и удельных нагрузках, в

десятки раз превосходящих освоенные для наземных систем? В 1957 г. возникает идея создать импульсный графитовый реактор (ИГР). В 1960 г. реактор пущен на Семипалатинском полигоне и на нем выполнены уникальные испытания твэлов реакторов ядерных ракетных двигателей с достижением температуры нагрева водорода до 3100К.

Успехи работ на ИГР подтолкнули к следующим шагам работ по реакторам для ЯРД. Был сооружен реактор ИВГ1, на котором отработаны сотни ТВС и достигнуты параметры по температуре подогрева водорода (3100К). Вслед за ИВГ создается стендовый вариант реактора для ЯРД минимальной размерности (ИРГИТ). Путь к ЯРД открыт. Изучение архитектуры космических полетов и, в частности, экспедиции на Марс, показало, что без ядерного ракетного двигателя осуществление такого полета практически невозможно. Использование ЯРД с параметрами, достигнутыми при испытаниях на наших реакторах, при осуществлении экспедиции на Марс обеспечит время экспедиции около года. Это в 2 раза меньше, чем при использовании двигателей на химическом топливе и считается приемлемым с точки зрения проблем жизнеобеспечения космонавтов.

Космические ядерные установки. После первых полетов в космос начали думать о больших долговременных орбитальных станциях, о космических технологических комплексах, о непосредственном телевидении, о больших информационных и навигационных спутниках, об экспедициях к планетам Солнечной системы... Энергопотребности этих задач в области больших мощностей и энергозатрат можно обеспечить только ядерными источниками, вырабатывающими электроэнергию или тягу, или и то и другое.

В ИАЭ в содружестве с рядом других институтов был создан первый в мире реактор-преобразователь «Ромашка». В реакторе-преобразователе в одном агрегате объединены высокотемпературный реактор и термоэлектрические полупроводниковые преобразователи. Все это создало предпосылки получения больших ресурсов, что и было подтверждено в процессе двухлетних стендовых испытаний в ИАЭ, начавших в августе 1964 г. На следующем этапе возникло новое направление: реактор-преобразователь с термоэмиссионными элементами.

В этом направлении разработаны и испытаны космические ядерные установки с термоэмиссионными элементами, которые показали возможность достижения длительных ресурсов при высокой безопасности на всех стадиях работы на земле и в космосе.

Использование ЯЭУ для различного рода космических задач особенно перспективно в энергодвигательных комплексах с электрореактивными двигателями. Научно-исследовательские работы в этой области ведутся в ИАЭ с начала 60-х годов. Разработанные в ИАЭ первые электрореактивные двигатели — импульсные плазменные двигатели — были испытаны в космосе в 1964 г. на спутнике «Зонд-2». Далее были испытаны ионный с объемной ионизацией и стационарный плазменный двигатели на спутнике «Метеор».

В настоящее время создаются условия развития этих направлений совместно с западными странами. Эти источники значительно расширяют возможности прямого телевидения высокого качества, улучшают управление воздушным и морским транспортом, создадут новые возможности для информационных и телефонных коммуникаций, а также позволят выполнить ранее не доступные исследования околоземного и дальнего космического пространства.

Дистанционная регистрация взрывов атомных и водородных бомб. При подготовке к испытанию первой водородной бомбы-слойки А. Д. Сахарова, проведенному 12 августа 1953 г., В.А. Давиденко обратил внимание на то, что, собирая радиоактивные продукты взрыва, выбрасываемые в атмосферу, можно узнать кое-что о конструкции взорванной бомбы. И.В. Курчатов подхватил и развил это предположение и поручил И.К. Кикоину, как изобретательному экспериментатору и блестящему организатору, подготовить аппаратуру для дистанционной регистрации как наших, так и американских взрывов. И.К. Кикоин с сотрудниками своего отдела и отдела Курчатова разработали два метода регистрации. Е.М. Каменев, К.И. Балашов и другие создали аппаратуру для регистрации импульсного подъема атмосферного давления, не реагирующую на мелкомасштабную турбулентность воздуха. Б. В. Курчатов с сотрудниками-радиохимиками ЛИПАН разработали анализ пыли от взрыва, собираемой на большой высоте на

фильтрах, устанавливаемых в специальных гондолах под хвостовым оперением самолетов.

В год пуска атомной электростанции в Обнинске (1954 г.) американцы провели большую серию взрывов своих новых водородных сверхбомб на островах в Тихом океане. Время их испытаний не было известно, но они были нами зарегистрированы на территории института по импульсному подъему атмосферного давления порядка сотой доли миллиметра ртутного столба. Сигналы четко, в десятки раз, превышали фоновый шум.

Психологическое воздействие этой регистрации было огромным. Для посвященных в ее результат Земной шар «съежился». Он оказался настолько маленьким, что невозможно стало на нем найти укромное место, где можно было бы в тайне от других производить испытания такой новой техники. Ведь мы, не выходя за ограду института, четко, иными словами, очень громко, «слышали» взрыв, проведенный на расстоянии 16 тыс. км от нас!

Барометрические сигналы регистрировались в виде периодической затухающей кривой. Позже по их периоду научились точно определять тротиловый эквивалент взрыва.

Для сбора пыли от американских взрывов были посланы в Китай самолеты, оборудованные гондолами с фильтрами, и выехала группа физиков от ЛИПАН (Д. Л. Симоненко, А. Г. Зеленков, З. М. Полевой и другие). Была зарегистрирована позитронная активность ядер кобальта и марганца, свидетельствующая о термоядерной реакции.

Методика регистрации совершенствовалась и расширялась, удалось использовать радио- и сейсмические волны.

В 1955 г. И. К. Кикоин начал передачу всех разработанных методик и аппаратуры специальной службе Министерства обороны, организовавшей систематическую регистрацию взрывов в разных точках страны и определявшей также координаты производимых взрывов.

Исследовательские реакторы. В связи с интенсивным созданием, эксплуатацией и разработкой новых типов ядерных реакторов возникли задачи изучения поведения материалов и оборудования в условиях интенсивных нейтронных полей. Специально для этих целей в Курчатовском институте были построены исследовательские реакторы различного типа. Самый большой из них на 40 МВт. Они стали

основной экспериментальной базой для испытаний различных конструкционных материалов, используемых в атомной энергетике и в реакторных установках специального назначения.

Разделение изотопов. В связи с развитием атомной энергетике, в том числе и включая транспортные установки, в пятидесятые годы резко возростала потребность в производстве обогащенного урана. Она должна была составить тысячи тонн в год. Обеспечение электроэнергией заводов с такой производительностью превращалось в трудную задачу, поскольку процесс диффузионного разделения изотопов, используемый в те годы, связан с неустраняемой тратой энергии на сжатие газообразного шестифтористого урана. Таких затрат энергии нет в центрифугах. Поэтому в начале 50-х годов в ЛИПАН были возобновлены прерванные ранее работы по центрифугам. И это вскоре принесло решающий успех. Сокращение длины ротора, магнитная подвеска и другие оригинальные научно-технические решения позволили в короткий срок организовать, серийное производство центрифуг, бесшумно, без смены деталей, надежно и безостановочно работающих в течение нескольких лет. К середине 60-х годов основные каскады диффузионных заводов были заменены на центрифужные, что уменьшило расход электроэнергии на разделение изотопов в 20—30 раз и сильно удешевило обогащенный уран, обеспечив все запросы атомной энергетике. Соответствующая компоновка каскадов дает теперь возможность выделять с нужной чистотой любой изотоп большинства многоизотопных элементов, что было раньше доступно только электромагнитному методу.

Физика плазмы и термоядерные реакторы. Развивая в КБ-11 теорию водородной бомбы, А. Д. Сахаров и И. Е. Тамм задумались над возможностью осуществления не термоядерного взрыва, а управляемой термоядерной реакции, стационарно протекающей в плазме, нагретой до температуры 100—200 млн. °С. Для этого она должна быть хорошо термоизолирована от стенок реактора.

Проведенные ими весьма обоснованные расчеты показали, что в принципе термоизоляция может быть обеспечена хотя и сильным, но практически доступным магнитным полем (до 50 кЭ). А. Д. Сахаров предложил концеп-

цию реактора, в последующие годы легшую в основу токамаков. С первых дней обсуждения предложения А.Д. Сахарова И. В. Курчатов воспринял его как новую возможность мирного применения внутриядерной энергии на благо людей и стал энергично пропагандировать его в правительственных кругах.

5 мая 1951 г. за подписью И.В. Сталина вышло постановление правительства, официально признавшее программу управляемого термоядерного синтеза в числе важнейших государственных задач. Тогда она именовалась «программой МТР» (МТР — магнитный термоядерный реактор). Правда, проблема эта была признана совершенно секретной, «особой папкой», так как в то время считалось необходимым использовать МТР для получения в первую очередь трития, входящего в состав заряда разрабатываемой тогда водородной бомбы, а также для получения плутония и урана-233 для атомных бомб. Для этой цели Курчатов предлагал в оболочку МТР помещать соответственно литий, уран-238 или торий и облучать их нейтронами, вылетающими из дейтериевой плазмы.

В соответствии с постановлением в ЛИПАН были развернуты теоретические и экспериментальные работы по проблеме МТР под руководством академика М.А. Леонтовича и Л.А. Арцимовича. Курчатов освободился в 1955 г. от неотложных бомбовых задач, после того как 22 ноября была успешно испытана сброшенная с самолета отечественная водородная бомба принципиально новой конструкции, что явилось настоящим прорывом в создании отечественного термоядерного оружия.

С этих пор он больше не руководил испытаниями на полигонах и практически все заботы об оружии перешли в Арзамас-16 и Челябинск-70, а Курчатов сосредоточил свои силы на мирном использовании внутриядерной энергии, борьбе за мир и на восстановлении международных научных контактов.

В 1955 г., опираясь на успешное сооружение и эксплуатацию ядерных реакторов, Курчатов полностью снял с проблемы МТР бомбовые задачи и решил, широко развертывая проблему управляемого термоядерного синтеза, полностью рассекретить ее и использовать для восстановления международных научных связей, в борьбе за мир против применения атомного и водородного оружия. Н.С. Хрущев под-

держал его и пригласил с собой в Англию вместе с Н.А. Булганиным и А.Н. Туполевым, где 25 апреля 1956 г. Курчатов прочел свою знаменитую лекцию в Харуэлле о выполненных в его институте исследованиях возможности термоядерных реакций в газовом разряде и призвал к международному сотрудничеству в мирном использовании ядерной энергии.

В ответ на эту лекцию Курчатова на Второй международной Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в 1958 г. все исследования Советского Союза, Англии и США по УТС были рассекречены. В других странах они тогда еще не велись. С тех пор исследования по УТС не только распространились по всему миру с широкой взаимной информацией, но и переросли в международное сотрудничество.

Физика атомного ядра. Измерение ядерных констант, необходимых для конструирования атомных и водородных бомб, собрало в Лаборатории № 2 физиков, хорошо знающих атомное ядро, и обусловило развитие ядерных методов измерений. Сооружение большого циклотрона, электростатических генераторов, реактора РФТ дало в 40—50-х годах большой простор для исследований фундаментальных вопросов по физике ядра низких и средних энергий.

В реакторе РФТ были предусмотрены горизонтальные каналы для физических экспериментов. Плотность потока нейтронов в них достигала $8 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. П. Е. Спивак, уже проводивший в 1952 г. высокого класса эксперименты с нейтронами, тут же предложил поставить на РФТ эксперименты по измерению времени жизни свободного нейтрона. Этот вопрос не имеет никакого прикладного значения, но очень важен для понимания природы материи. Курчатов, несмотря на напряженные прикладные работы, горячо поддержал его, считая необходимым вести у себя в институте фундаментальные исследования, как теоретические, так и экспериментальные, ибо без них квалификация коллектива падает, сотрудники теряют научное мышление, и только из результатов фундаментальных исследований рождаются качественно новые прикладные проблемы.

В первой половине 50-х годов основные бомбовые запросы по физике атомного ядра были удовлетворены, а в ЛИПАН пришли

первые послевоенные выпускники университетов, Физико-технического и Инженерно-физического институтов. Попав в среду исследователей, владеющих уникальными средствами созданий нейтронных потоков, атомных ядер, ускоренных до многих мегаэлектронвольт на нуклон, они получили мощные стимулы для творчества. Л.В. Грошев, В.И. Мостовой, В.М. Галицкий с подошедшей молодежью широко развернули исследования по физике деления атомных ядер, оболочечной структуре ядер, нейтронной спектроскопии, мезонам, нейтрино, мюонию и другим вопросам строения вещества. Физики создали тончайшие измерительные методики, нашедшие вскоре важные прикладные применения.

Дочерние институты. Еще в 1947 г. как только основные направления работ по бомбе были определены, Курчатов убедил руководителей ПГУ Б.Л. Ванникова и А.П. Завенягина, а также правительство, что, используя физику атомного ядра для создания бомбы, надо заботиться и о заделе на будущее. А для этого необходимо расширять знания в области физики высоких энергий, где заведомо обнаружатся качественно новые, неизвестные еще процессы, практическое использование которых предсказать также невозможно, как еще десять лет тому назад никто не подозревал, что открытие нейтрона приведет к атомной бомбе. В связи с этим необходимо создать филиал Лаборатории № 2, оснащенный ускорителями, превосходящими те, что имеются в других странах мира. Его предложение было принято. Филиал расположили на берегу Волги, около Ивановской гидроэлектростанции, в ста километрах от Москвы, и дали ему секретное название «Гидротехническая лаборатория». Руководство лабораторией и сооружение синхротрона Курчатов возложил на своих еще ленинградских учеников М.Г. Мещерякова и В.П. Джемелова. Берия заверил, что недостатка в рабочей силе не будет, создал там лагерь, и заключенные быстро построили лабораторные корпуса с жилым городком. Уже в конце 1949 г. был получен пучок ускоренных до 500 МэВ протонов. Высокочастотное питание синхротрона создал крупнейшей радиотехники того времени, в прошлом также узник «бериевской шараги», А.Л. Минц. За несколько лет рядом с Гидротехнической лабораторией выросли синхротрон на 10 ГэВ В.И. Векслера и

импульсный исследовательский реактор И.М. Франка в качестве филиалов Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР, а жилой поселок превратился в город Дубну. В 1956 г., когда Курчатов развил большую активность в восстановлении международных научных связей, нарушенных сталинской политикой и войной, весь комплекс установок послужил основой создания Объединенного института ядерных исследований.

Если в США после взрыва первых атомных бомб участвовавшие в их создании физики начали разъезжаться из Лос-Аламоса по своим университетам, то у нас в стране дело обстояло иначе. Из бомбовой тематики родились направления, ставшие основной деятельностью Института атомной энергии на многие годы: создание атомных реакторов для электростанций и для атомного флота, с вытекающими из этих работ исследованиями по радиационному материаловедению, развитие исследований по управляемому термоядерному синтезу, физике атомного ядра и физике конденсированного состояния вещества.

Но все развивать в стенах института было невозможно. Курчатов внимательно следил за новыми народившимися направлениями исследований и, как только убеждался, что коллектив имеет сильного руководителя, способен развить свою работу до большого масштаба на переднем крае мировой науки или техники, так отделял его от своего института и щедро помогал укорениться на новом месте.

В 1947 г. в составе Лаборатории № 2 была создана под руководством А.Л. Минца радиотехническая лаборатория для разработки высокочастотного питания строившегося в Дубне синхроциклотрона. После успешного ввода в строй синхроциклотрона А.Л. Минц начал получать растущее число заказов из других институтов на аналогичные системы, и лаборатория его стала быстро расти. В 1952 г. Курчатов выделил ее в самостоятельный талантливо организованный институт в системе Академии Наук СССР, позже превратившийся в Московский радиотехнический институт — МРТИ.

В 1957 г. Г.Н. Флерову удалось на циклотроне ИАЭ синтезировать ряд новых трансурановых ядер, и он с успехом стал конкурировать в этой работе со шведами и с Г. Сиборгом в США, задумав сооружение специализированного циклотрона для ускорения тяжелых ио-

нов и новые методики обнаружения короткоживущих синтезированных сверхтяжелых ядер, приближающихся к «острову стабильности». Курчатов предложил ему перебраться в Дубну: «...там вам будет больше свободы для развития своих работ», и помог ему создать в составе Объединенного института ядерных исследований Лабораторию ядерных реакций (ЛЯР ОИЯИ), оснащенную большим циклотроном для ускорения ионов, который было бы невозможно создать на московской площадке.

В 1957—59 г. в стенах Института атомной энергии Г.И. Будкер достиг заметных успехов в развитии новых методов ускорения частиц. Вокруг него стала собираться талантливая молодежь, новые идеи требовали быстрого осуществления и начали привлекать внимание ученых из-за границы. Курчатов быстро понял большое будущее растущего коллектива и его тематики, исключительный организаторский и научный талант Г.И. Будкера, оказал ему всемерную поддержку и помог создать в Сибирском отделении АН СССР крупнейший институт в составе Академгородка под Новосибирском. С его помощью возник этот уникальный по своей структуре, высокой квалификации и универсальности кадров Институт ядерной физики им. Будкера.

Взявшись за руководство проектированием АЭС, Курчатов убедился в необходимости построить несколько экспериментальных реакторов. Но на площадке института в черте обступившего ее города этого делать было нельзя. Он решил создать реакторный филиал института. Первый вариант филиала мы предложили разместить неподалеку от Обнинска. Но Политбюро под председательством Л.М. Кагановича отвергло место его размещения и потребовало «отодвинуть подальше от Москвы». Второй вариант был предложен на берегу Волги в 15 км ниже Горького. А.П. Завенягин не согласился строить там наш филиал и настоял на размещении его в Мелекесе (потом переименованном в Димитровград), где у него были строительные рабочие и бетонный завод, хотя в это место уже было невозможно привлечь квалифицированных специалистов большого культурного центра, подобного Горькому. В Димитровград переехали значительное число сотрудников ИАЭ в начале 60-х годов, когда там вошли в строй первые реакторы и горячая лаборатория. Часть из них там остались, другие вернулись в Москву. В 70-х годах дире-

ктором сформировавшегося на месте филиала независимого от ИАЭ НИИ атомных реакторов был сотрудник ИАЭ В.А. Циканов. Неблагоприятное для концентрации сильного научного коллектива местоположение НИИАР так и не способствовало превращению его в задуманный центр по разработке реакторов для энергетики.

Еще одной данью периоду ожесточенной конфронтации между сверхдержавами СССР и США явилось создание филиала ИАЭ в городе Троицке; во время войны там располагалась входившая в состав Лаборатории № 2 небольшая Магнитная лаборатория с числом сотрудников около 80 человек, обучавшая моряков размагничиванию кораблей для защиты от магнитных мин по методу Александрова—Курчатова, с успехом примененному ими в 1941 г. в Севастополе, а затем распространенному на все флоты. В начале 60-х годов Е.П. Велихов только что закончил аспирантуру у М.А. Леонтовича по теории плазмы с защитой докторской диссертации и взялся за разработку плазменных МГД-генераторов в качестве импульсных источников энергии для военных целей. Академик М.Д. Миллиончиков, бывший тогда заместителем директора Института атомной энергии, для поддержки инициативы Е.П. Велихова решил расширить Магнитную лабораторию. Позже туда была переведена с московской площадки часть работ по управляемому термоядерному синтезу, интенсивно развивалась лазерная тематика. Вокруг Магнитной лаборатории стал быстро расти филиал института, действующий сейчас в качестве самостоятельного института ТРИНИТИ (Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований).

Значительным событием в истории ИАЭ стало создание Радиобиологического отдела, директорами которого были В.Ю. Гаврилов, Т.Н. Зубарев, М.А. Макульский. Отдел был создан по двум причинам. С одной стороны, Курчатов был озабочен опасностью, которой подвергались сотрудники, работая с мощными источниками ионизирующих излучений. На циклотроне и на ядерных реакторах уже к середине 50-х годов были зарегистрированы случаи серьезных нарушений здоровья работающих. На радиохимическом Заводе «Б» уже накопились радиоактивные отходы с огромной интенсивностью излучений, составляющие уг-

розу для населения. Надо было ставить научные исследования процессов, происходящих в живых организмах, для разработки средств защиты и лечения. С другой стороны, во второй половине 50-х годов, при продолжавшемся гнете лженауки Т.Д. Лысенко, поддерживаемого Хрушевым, в нашу научную среду стала проникать информация о революционных событиях в генетике, о разгадке генетического кода на молекулярном уровне. На Курчатова оказали большое влияние темпераментно рассказанные академиком И. Е. Таммом зарубежные достижения молекулярной генетики. Не получив поддержки Хрущева, Курчатов уговорил министра среднего машиностроения Е.П. Славского построить на свой страх и риск в ИАЭ отдельный корпус для задуманного отдела. Корпус был построен. В созданном отделе нашли убежище несколько генетиков и начались исследования по молекулярной биологии с использованием радиоактивного излучения. В 70-х годах отдел превратился в самостоятельный Институт молекулярной генетики АН СССР, занявший достойное место среди институтов этого профиля.

Позже, уже после смерти Курчатова, А.П. Александров создал филиал ИАЭ в Соновом Бору, в ста километрах на запад от Петербурга, рядом с Ленинградской АЭС, для испытания реакторов атомных подводных лодок. Его директорами в 70-х годах были один за другим ведущие реакторщики ИАЭ Е.П. Рязанцев и А.Н. Проценко. В настоящее время этот филиал превратился в самостоятельный Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова Министерства Российской Федерации по атомной энергии.

Специфика организации работ. В перечень особенностей организации работ в институте можно включить:

широкий спектр специальностей (общая и ядерная физика, математика, химия, материаловедение, газодинамика, теплотехника, термодинамика, электрофизика, электроника и т. д.). Без такого набора специалистов решить проблему овладения ядерной энергией было невозможно;

сочетание теоретических исследований и экспериментальных работ. Теоретические работы обеспечивались вычислительной техникой, а для экспериментальных работ создавалась мощная экспериментальная база;

сочетание фундаментальных и прикладных исследований, совместная работа ученых и инженеров. Такое сочетание обеспечивало быструю возможность переводить результаты исследований в стадию разработки;

прямые контакты с разработчиками и промышленностью. Статус научного руководителя обязывал как можно быстрее внедрять результаты исследований в промышленность и постоянно сопровождать эту разработку от начальных шагов до эксплуатации. Без преувеличения можно сказать, что все достижения Курчатовского института получены благодаря совместной тесной работе со смежными институтами, конструкторскими бюро, технологами и заводами;

постоянное привлечение молодых специалистов и сочетание их с опытными работниками; специальную подготовку молодых специалистов университетов и других высших учебных заведений на базе подразделений Курчатовского института.

Эти особенности, заложенные с самого начала и обеспечившие решение изначально поставленной задачи, Курчатовский институт стремился сохранить и при дальнейшем развитии института. Изменение приоритетных направлений в развитии страны требовало коррекции научных направлений и организации работ института. Динамика жизни требовала соответствующей динамики организации работы Курчатовского института, и с учетом этого образовались дополнительные особенности его работ: конверсия оборонных работ, реализация сопутствующих технологий, динамичное изменение структуры и управления, активное международное сотрудничество.

Конверсия. Характерной чертой работ института во все времена было быстрое переключение разработок, стимулированных военными заказами, в мирную сферу. Так что конверсия, столь тяжело поразившая в конце 80-х годов многие организации и заводы России, являлась естественным процессом для института.

Уран-графитовые реакторы, разработанные для производства плутония, родили реактор для Обнинской АЭС, а затем с использованием плутониевых реакторов был создан каналный уран-графитовый реактор РБМК. Для подводных лодок был принят водо-водяной реактор, от него был прямой путь к ВВЭР-200

Нововоронежской АЭС, которая строилась по инициативе института и по его физическому заданию. Далее это направление воплотилось в реакторах типа ВВЭР средней и большой мощности. Реакторы для атомных самолетов и ракет создали технологические основы высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов для атомных станций.

Атомный флот мирного назначения в значительной мере воплотил достижения атомных энергетических установок военно-морского флота. От этого выиграл и военно-морской флот. В результате такого взаимодействия отработаны высоконадежные реакторы, работающие непрерывно годами без срабатывания аварийной защиты.

Предлагается использовать ледокольные ядерные установки на плавучих АЭС и для опреснения воды. Это будут унифицированные установки нового поколения с повышенной безопасностью. Размещение АЭС на плаву сократит время постройки благодаря изготовлению, монтажу, отладке и полной проверке в заводских условиях и транспортировке на место назначения в практически готовом состоянии.

Конверсия коснулась и морских ядерных установок малых мощностей. На основе необслуживаемых морских установок малой мощности разработаны теплоэлектроцентрали и опреснительные центры, базирующиеся на прямом преобразовании ядерного тепла в электричество с естественной циркуляцией теплоносителей. Реакторная установка после ее пуска работает в автономном режиме, не требует управления и обслуживания человеком. Прототип такой установки «Гамма» отработал в Курчатовском институте на мощности более 12 000 ч.

Сокращение заказов на атомные подводные лодки и высвобождение значительного числа специалистов и производственных мощностей стимулировало поиск новых направлений подводных работ. Это освоение морской добычи нефти и газа. Сооружение платформ для добычи нефти и газа в ледовых условиях — сложнейшая проблема. Использование технологий атомного подводного флота в этом направлении сулит большие перспективы.

В порядке конверсии предполагается провести поиск возможности использования корабельных решений при оценке проектов под-

земных АЭС. Малые массы и габариты, герметичные исполнения оборудования, минимальные количества жидких и газообразных радиоактивных отходов, высокое качество изготовления, комплексная автоматизация — все эти свойства могут хорошо вписаться в концепцию подземной АЭС.

Соглашение об остановке плутониевых реакторов, находящихся пока в эксплуатации, создало проблему замещающих мощностей для энергообеспечения регионов Томска-7 и Красноярска-26. В связи с этим предложено решить эту проблему на первом этапе за счет конверсии активных зон этих реакторов в энергетический режим, при котором обеспечивается выработка тепла и электричества и полностью прекращается наработка оружейного плутония.

Высвобождение оружейного плутония поставило проблему его конверсии. Сравнивая два таких противоположных варианта, как уничтожение и использование, естественно отдать предпочтение второму варианту. Прорабатывается сжигание плутония в легководных реакторах и реакторах-размножителях на быстрых нейтронах в виде смешанного уран-плутониевого (МОХ) топлива с функционированием замкнутого топливного цикла. Возможен ли вариант сжигания оружейного плутония при однократном его облучении в реакторе? Такое предложение возникло в результате совместных работ специалистов Курчатовского института и американской фирмы «General Atomic». Для сжигания оружейного плутония предлагается модульный высокотемпературный реактор с гелиевым теплоносителем и прямым газотурбинным циклом при использовании тепловыделяющих элементов на основе микротоплива с многослойными защитными покрытиями, позволяющих достигать больших выгораний ядерного топлива (80—90%). В этих условиях оружейный плутоний выводится из сферы возможного военного использования при однократном облучении.

Основные и сопутствующие технологии. Разработка, развитие и внедрение технологий. Характерной особенностью научно-исследовательских работ Курчатовского института является то, что для решения сложных научных задач почти всегда требовалось создание новых уникальных методик, технологий, приборов. Кроме того, новые технологии часто являлись

просто побочным результатом исследований. Иногда они подхватывались, развивались как самостоятельные задачи и доводились до состояния реальных, промышленных технологий, иногда долго оставались на лабораторном уровне, ожидая появления потенциального потребителя, который бы помог довести их до промышленного состояния, к сожалению, зачастую, так и не дождавшись. Поэтому давно в институте ощущается потребность в создании подразделения, которое могло бы быть инкубатором по доводке технологических разработок до состояния промышленных технологий, которые уже можно было бы непосредственно использовать в производстве. Это по замыслу должен быть технопарк с набором современного оборудования, легко трансформируемого под разные задачи, разные коллективы, где в течение ограниченного времени (год — два) создавались бы благоприятные условия для доводки технологической идеи до коммерчески привлекательного состояния.

В последние годы в связи с изменением хозяйственно-экономического механизма в России, когда старые административные методы руководства экономикой были разрушены, а новые рыночные еще, по сути, не созданы, когда внимание со стороны государства к науке, технике и технологии резко упало, а со стороны предпринимателей еще не проявилось в достаточной степени, результативность цепочки «научная идея — ее экспериментальная реализация — промышленное воплощение» практически стала нулевой. И главная причина этого — последнее звено, т. е. невостребованность российской промышленностью новых технологий. Сегодня есть большое число идей, большое число лабораторных проработок, опытно-экспериментальные демонстрационные установки и... остановка перед последним шагом. По-видимому, своими силами внутри России этот последний рубеж трудно преодолеть. Поэтому международное сотрудничество может оказаться эффективным средством решения такой задачи. Сегодня мы готовы предложить для совместной доработки, для продажи технологий на уровне опытно-демонстрационных установок, для инвестирования средств в доводку технологий до уровня промышленных несколько десятков разработок. Вот некоторые из них.

Технологические процессы:

технология изготовления покрытий из искусственного алмаза и тонкопленочные технологии;

магнитно-импульсная сварка;

электроимпульсное компактирование проводящих порошков;

модификация силоксановых полимерных мембран для сепарации газов;

антикоррозионные электролитно-искровые покрытия; технология отжига корпусов реакторов для продления их срока эксплуатации.

Приборы и оборудование:

твердотельные аккумуляторы тока на основе неорганических фторидов;

полупроводниковые и оптические газовые сенсоры;

гаммавизор — прибор для визуального поиска мощных радиоактивных источников;

электролизеры с твердым полимерным электролитом;

низкофоновый анализатор стронция, трития, родона, иттрия, цезия.

Плазменные и лучевые технологии:

высокоэффективный озонатор;

плазменно-мембранная технология разложения сероводорода;

мощный экологически безопасный источник нейтронов, рентгеновского излучения, ионных и электронных пучков, основанный на плазменном фокусе с высокой частотой повторения.

Медицина:

мембранные системы для медицины;

оксигенатор крови;

реакторные радиоизотопы для медицины;

радионуклиды для медицины, производимые на ускорителях.

Новые материалы:

дифторид ксенона, фуллерен — новые химические соединения с уникальными свойствами;

обогащенные стабильные изотопы, получаемые центрифужным и электромагнитным методом обогащения.

Защита окружающей среды:

биосорбенты для очистки объектов, загрязненных долгоживущими нуклидами и тяжелыми металлами;

газофторидная технология дезактивации;

спеченные порошковые фильтры для высокоэффективной очистки газов.

Переработка и анализ радиоактивных материалов:

выделение благородных металлов (палладия, родия, рутения, серебра) из радиоактивных и других отходов.

Более подробный перечень технологий и разработок, возможные сферы их применения, степень проработки и условия передачи изложены в специальном сборнике «Технологии Курчатовского института», с которым можно ознакомиться, получив из Курчатовского института.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ

Характерной особенностью развития Курчатовского института является то, что ряд научных направлений, которые зародились и начинали свое развитие в институте, по мере их становления выделяли в самостоятельные институты, чтобы не сдерживать их развитие. И Курчатовский институт создавал филиалы, отделения, становившиеся позднее самостоятельными научными организациями.

Так, для исследования в области физики высоких энергий был создан филиал института на Волге, в 100 км от Москвы, где были построены мощные ускорители. Филиал со временем был преобразован в Объединенный институт ядерных исследований в Дубне. В Мелекессе на Волге в начале 60-х годов создан филиал Курчатовского института специально для исследований и стендовой отработки энергетических реакторов. В нем построен ряд экспериментальных реакторов, горячих камер, туда были направлены большие группы специалистов с основной площадки в Москве. Когда работы развернулись в полную силу, филиал стал независимым институтом атомных реакторов.

Развернувшиеся в Курчатовском институте в 50-х годах работы по высокотемпературным реакторам для летательных аппаратов потребовали создания мощной испытательной базы. Такие стенды были созданы под Москвой в Тураево и в районе Семипалатинска. Неподалеку от Москвы в нынешнем городе Троице развернулись работы по разработке МГД-генератора, часть работ по термоядерному синтезу, лазерной тематике. В 90-е годы филиал выделился в самостоятельный Институт инновационных и термоядерных исследований.

Еще одним детищем Курчатовского инсти-

тута стал Научно-исследовательский технологический институт, в который превратился филиал Курчатовского в Ленинградской области, созданный для испытания силовых атомных установок флота.

НОВЫЕ ФОРМЫ

В условиях реформ и ориентации на рыночную экономику, выходя на рынки научной промышленной продукции, прежде всего необходимо доказать, что связь с Курчатовским институтом позволит любым фирмам-поставщикам реального продукта существенно повысить конкурентоспособность их продукции. Для Курчатовского института реализация результатов прикладных исследований во взаимодействии с такими фирмами требует повышения результативности и представляет один из путей, позволяющих Центру выжить.

Одной из организационных форм, которая опробуется Курчатовским институтом, является создание с его участием совместных предприятий и акционерных обществ.

АО «Росшельф». Сокращение оборонных заказов, и в частности на атомные подводные лодки, поставило в критическое положение судостроительную промышленность. По инициативе Курчатовского института при поддержке руководства страны было образовано АО «Росшельф» с целью решения задач по разработке месторождений нефти и газа на Арктическом шельфе. В Курчатовском институте на это направление ориентируются подразделения, занимающиеся атомными подводными лодками, а также подразделения, занимающиеся плазменными технологиями для газовой промышленности. Создание глобальной компьютерной сети Relcom, позволило оперативно передавать и получать информацию. Сегодня оперативная связь — необходимый инструмент научного работника. Поэтому Центр будет не только поддерживать подобные проекты, но и усиливать свой потенциал разработок в этой области.

СП «Изофлекс». Потребности рынка в стабильных изотопах и возможности Курчатовского института по разработке методов их получения и производства на существующих в институте установках центробежным и электромагнитным методами позволили создать совместное предприятие с одной из западных фирм для реализации этих задач.

АО «Инертек». Превосходство российских институтов в космической ядерной технике вызвало на Западе интерес к ознакомлению с российскими технологиями в этой области знаний. В то же время экономический кризис в России привел к практически полному прекращению финансирования этих работ. В целях сохранения научного и технического потенциала и дальнейшего развития этих технологий по инициативе Курчатовского института руководством страны было принято решение о сотрудничестве на контрактной основе с правительственными организациями и фирмами США в этой сложной области технологий двойного применения. Образованное для реализации этих задач совместное с одной из американских фирм АО «Инертек» обеспечило не только выполнение контрактных обязательств по демонстрационным испытаниям термоэмиссионных реакторов в США, но и инвестировало новые исследования и разработки в предприятиях-учредителях: Курчатовском институте, НПО «Луч», ЦКБМ, НИИТП им. Келдыша. Были получены новые результаты по технологиям термоэмиссии, а также разработаны на базе этих технологий образцы новых приборов и материалов для гражданского коммерческого применения.

АО МОХТ-Отжиг. С участием Курчатовского института была решена важная для безопасной эксплуатации реакторов ВВЭР проблема отжига корпусов этих реакторов для снижения влияния на их работоспособность радиационного охрупчивания материала корпуса. Для реализации технологии отжига корпусов российских реакторов было образовано АО МОХТ-Отжиг. Успешная работа этого АО позволила расширить его деятельность за пределы конкретной задачи, так что это АО стало координирующим звеном в работе предприятий-учредителей при контрактных работах с западными партнерами по программам безопасности российских реакторов. Не только успехом АО МОХТ-Отжиг, но и признанием высокого уровня российских разработок оказалось предложение со стороны США провести отжиг корпуса реактора PWR.

Интеллектуальный потенциал Центра определяется уровнем и состоянием его фундаментальных исследований. Уже сейчас видно, что «большую» науку в России будет развивать очень трудно, поэтому мы развиваем и поддер-

живаем «малую» науку, которая на протяжении всей истории Центра была и остается опорой крупных разработок и зародышем новых научных направлений. При этом фундаментальные и прикладные исследования не должны противопоставляться друг другу. И в новых условиях проверенные временем принципы Курчатовского института позволят сохранить его уникальный потенциал.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Центр все активнее ведет международное научно-техническое сотрудничество. Пожалуй, нет страны или региона, с которым он не взаимодействовал бы. Курчатовский институт сотрудничает как с государственными структурами зарубежных стран, так и с зарубежными коммерческими и промышленными фирмами. Институт является центральной ячейкой в международном проекте термоядерного реактора. Интеллектуальный потенциал наших специалистов востребован при выполнении программ повышения безопасности атомных станций. Примером такого взаимодействия является международный проект «Расплав» по изучению взаимодействия корпуса реактора с расплавом активной зоны в случае тяжелой аварии. Этот проект поддерживают около 20 стран, а Курчатовский институт является основным исследователем.

КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ СЕГОДНЯ

Статус. В настоящее время основная цель деятельности Курчатовского института — получение новых научных знаний в широкой области естественных наук и использование их в интересах народного хозяйства и обороны страны, а также участие в подготовке научных кадров.

Предметом его деятельности является комплексное решение научных проблем безопасно и экологически чистого получения энергии, в первую очередь, на базе ядерных реакций деления и синтеза, проведение фундаментальных физических исследований и разработок в этих и смежных областях.

Для реализации этих целей и предмета деятельности в ноябре 1991 г. указом Президента России Курчатовский институт, называвшийся тогда Институтом атомной энергии и входивший в состав Министерства по атомной энер-

гии России, получил новый статус. Он стал независимым (не входящим в состав ни одного из промышленных министерств, ни в Академию наук) многопрофильным научным центром, подчиненным непосредственно правительству России.

Научные направления. Главными направлениями деятельности Центра сегодня являются следующие:

безопасное развитие атомной энергетики (атомная энергетика и ее топливный цикл);

управляемый термоядерный синтез и плазменные процессы;

ядерная физика низких и средних энергий;

физика твердого тела и сверхпроводимость.

Кроме того, в Курчатовском институте проводятся:

фундаментальные и прикладные исследования в области молекулярной физики, физической и неорганической химии, химической физики, физики и химии плазмы, безопасности новых технологий, экологии, элементной базы микроэлектроники, информатики и др.;

исследования и разработки экологически чистых и ресурсосберегающих энерготехнологий, в частности, атомно-водородной энергетики;

комплексная экспертиза научно-технических направлений, крупных проектов и предложений в области государственной научно-технической политики в перечисленных выше и смежных областях науки и техники, оказываются консультационные услуги.

Курчатовский институт участвует в педагогической деятельности и подготовке научных кадров в качестве базовой организации ведущих физических, физико-технических и химических вузов России.

Структура. Соответствующим образом изменилась организация работ и структура Курчатовского института.

Структуру Центра составляют одиннадцать исследовательских институтов, четыре научно-технологических комплекса и ряд дочерних предприятий, обслуживающих научные исследования.

В настоящее время в жизни РНЦ проявляются тенденции, общие для современных научных исследований в России. Они характеризуются снижением количества долгосрочных научных программ и особенно в области фундаментальной физики, уменьшением доли исследований, связанных с оборонными заказами, поисками новых источников финансирования. Дает о себе знать недооснащенность Центра современной техникой и оборудованием. Становится невозможным содержание в полном объеме уникальной экспериментальной базы. Происходит отток специалистов в другие отрасли и за рубеж.

Но и в условиях экономического кризиса всей страны Курчатовский институт стремится сохранить свой научный потенциал, несмотря на падение престижности научной работы. хроническое недофинансирование не только научных программ, но и систем жизнеобеспечения самого Центра.

Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов (ВНИИНМ)

М.И. Солонин, Н.Т. Чеботарев

Создание Государственного научно-исследовательского института неорганических материалов определено постановлением Государственного комитета обороны от 8 декабря 1944 г. Название института по режимным соображениям неоднократно менялось (НИИ-9, База № 1 Главгорстроя, п/я Р-6575, ВНИИНМ). Первое из них было наиболее употребительно среди работников атомной отрасли. В соответствии с этим постановлением 22 марта 1945 г. был издан приказ о строительстве института в районе Октябрьского Поля, где ранее было начато сооружение двух корпусов Всесоюзного института экспериментальной медицины. На создаваемый институт было возложено решение задач по разработке технологии и материаловедению комплекса урановой и плутониевой проблемы, начиная с геологоразведочных работ до получения блочков металлического урана, выделения из него после облучения плутония в виде химических соединений, получения металлического плутония, создание сплавов и технологии изготовления компонентов ядерного оружия.

Директорами института за время его существования являлись: Виктор Борисович Шевченко, доктор технических наук, профессор (1945—1952 гг.), Андрей Анатольевич Бочвар, академик (1952—1984 гг.), Александр Сергеевич Никифоров, академик (1984—1991 гг.).

С 1991 г. директором института стал Михаил Иванович Солонин, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники.

К концу 1945 г. институт начал комплектоваться кадрами, завершилось строительство первых лабораторий, было создано проектно-конструкторское бюро. Поэтому конец 1945 г. считается датой рождения ВНИИНМ.

В течение 1946—1948 гг. основными задачами научных исследований были изучение месторождения урана, разработка методов обогащения урановых руд, их переработка, получение закиси-окиси и тетрафторида урана, полу-

чение металлического урана. Однако в дальнейшем тематика института значительно изменилась и расширилась.

О РАДИОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЛУТОНИЯ

22 июня 1948 г. был выведен на проектную мощность первый промышленный ядерный реактор по переработке плутония на Комбинате № 817 (ПО «Маяк»). Начался новый этап создания ядерного оружия. В этих условиях тематика, относящаяся к сырьевым вопросам урановой проблемы и первичной металлургии урана, была сокращена и в 1951 г. передана во вновь созданный институт ВНИИХТ.

Для решения плутониевой проблемы в институт были направлены известные ученые — академики А.А. Бочвар и И.И. Черняев, профессор А.Н. Вольский (затем академик), А.С. Займовский (впоследствии член-корр. АН СССР), Г.А. Меерсон, канд. тех. наук З.В. Ершова (впоследствии доктор наук, профессор) и др. Уже в 1947 г. в институте была создана полупромышленная установка для проведения радиохимических работ с высокой радиоактивностью. Первый препарат плутония в количестве 73 мкг в виде светло-голубого раствора его трифторида был получен 18 декабря 1947 г. молодыми научными сотрудниками лаборатории № 11 Р.Е. Картушевой и М.Е. Пожарской (затем кандидаты наук) под руководством З.В. Ершовой и В.Д. Никольского (впоследствии доктор хим. наук) в результате выделения плутония из образцов урана, облученного в реакторе Ф-1 ИАЭ (вступил в строй 25 декабря 1946 г.).

Следующим этапом решения плутониевой проблемы была разработка метода аффинажа плутония. Решили эту задачу в лаборатории № 10 группы канд. хим. наук В.Д. Никольского, В.Г. Тимошева и В.В. Фомина (впоследствии член-корр. АН СССР) под руководством

И.И. Черняева. Наиболее эффективным оказался метод эфирной экстракции плутония из азотнокислых растворов, разработанный совместно с учеными Радиевого института АН СССР (РИАН) В.М. Вдовенко и Б.А. Никитиным. Радиохимические исследования плутония, проведенные в 1947—1948 гг., стали основой для разработки технологической схемы промышленного выделения плутония. На первом этапе использовали осадительную технологию, существенным недостатком которой был большой объем жидких радиоактивных отходов (ЖРО). В дальнейшем (1976—1979 гг.) была внедрена более эффективная экстракционная технология с использованием трибутилфосфата (ТБФ), позволившая сократить количество ЖРО в 15—20 раз. В разработке научных основ этой технологии и ее внедрении участвовала большая группа ученых института: В. В. Фомин, В. Б. Шевченко, А. М. Розен, С.М. Карпачева, В.С. Колтунов, В.С. Шмидт, А. С. Соловкин и др. Активное участие принимали ученые и специалисты других организаций — Б. Н. Ласкорин, Е. А. Филиппов (ВНИИХТ), М. Ф. Пушленков, Б. Я. Зильберман (РИАН), А.С. Никифоров, М.В. Гладышев (ПО «Маяк»).

О МЕТАЛЛУРГИИ ПЛУТОНИЯ

Работа по металлургии плутония потребовала проведения большого комплекса физико-химических исследований многих соединений плутония. Разработку технологии восстановительной плавки плутония начали с использования имитаторов — тетрафторида и тетрахлорида урана. В качестве восстановителя использовали кальций и магний, а в качестве материалов реакционных тиглей — фториды кальция и магния. При переходе к плутонию в качестве исходного соединения был выбран трихлорид, в качестве восстановителя — кальций, а материала тиглей — оксид кальция.

Первый королек металлического плутония был получен в группе Я.М. Стерлина (в последствии докт. техн. наук) 4 января 1949 г. Для реализации разработанной технологии в промышленных условиях на комбинат «Маяк» вместе с необходимым оборудованием в начале марта 1949 г. выехала большая группа специалистов института во главе с А.А. Бочваром, И.И. Черняевым, А.Н. Вольским, А.С. Займовским и

В.Д. Никольским. В результате их совместной работы с сотрудниками комбината 14 апреля 1949 г. был получен первый микрослиток массой 8,7 г. 29 августа 1949 г. произошло историческое событие — успешное испытание первой ядерной бомбы в нашей стране.

СОЗДАНИЕ ОСНОВ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ ПЛУТОНИЯ

После получения в институте первых миллиграммовых королек плутония встала задача исследования структуры и свойств этого неизвестного ранее металла. Металлический плутоний вследствие его высокой радиоактивности и низкой коррозионной стойкости оказался весьма трудным материалом как для проведения исследований, так и для практического использования. Даже пребывание в течение нескольких часов в атмосфере воздуха при комнатной температуре приводит к появлению на поверхности металла оксидной пленки. Поэтому для проведения операций, связанных с нагревами металла, были созданы установки, обеспечивавшие проведение работ в условиях высокого вакуума.

Исследование металлического плутония было начато в первые месяцы 1949 г. в лаборатории № 13 под руководством А.А. Бочвара и А.С. Займовского. Исследования проводили группы металлургов под руководством канд. техн. наук В.И. Кутайцева (затем доктор техн. наук) и группа специалистов в области рентгеноструктурного анализа под руководством канд. техн. наук Н.Т. Чеботарева (впоследствии доктор техн. наук, профессор).

В первую очередь необходимо было определить температуру плавления плутония. Было установлено, что в результате нагрева до 640 °С королек плутония массой в несколько миллиграммов превратился в шарик, что свидетельствовало о переходе металла в жидкое состояние. Позднее были созданы установки для проведения на микрообразцах термического, а затем и дилатометрического анализа.

В результате рентгенографических исследований было установлено, что структура первых модификаций плутония является стойкой. Впоследствии ее определил выдающийся американский кристаллограф У. Захариасен, расшифровавший также структуру многих химических соединений плутония.

В состоянии α -фазы плутоний является хрупким материалом и практически не поддается пластической деформации. В то же время высокотемпературные модификации, в частности δ -фаза, обладают хорошими технологическими характеристиками. Для установления возможности фиксации этой фазы при комнатной температуре необходимо было проведение фундаментальных исследований структуры и свойств сплавов плутония.

Интенсивное изучение диаграмм состояния плутония началось в 1949 г. сразу после определения основных характеристик металлического плутония. Общее руководство этими исследованиями осуществлял А.А. Бочвар. Изготовление сплавов, металлографический, термический и дилатометрический анализ проводили под руководством В.И. Кутайцева. Рентгеноструктурные исследования, определение фазового состояния и изучение структурных превращений, происходящих в результате различных видов термической обработки и пластической деформации, самооблучения и приложения высоких давлений проводили под руководством Н.Т. Чеботарева.

С самого начала А.А. Бочвар поставил задачу изучения взаимодействия плутония с элементами, которые могут обеспечить стабилизацию при комнатной температуре структуры δ -фазы. В качестве таких элементов были выбраны p -элементы III группы Периодической системы элементов: алюминий, галлий, индий и таллий. Было установлено, что наиболее сильными стабилизаторами являются первые два элемента. Поэтому начиная с 1949 г. наибольшее внимание уделяли изучению диаграммы состояния, структуры и свойств сплавов плутония с галлием. В изучении этих сплавов активное участие принимали канд. наук И.Г. Лебедев, М.А. Андрианов, Л.Ф. Тимофеева, Е.С. Смотрицкая, А.В. Безносикова, А.И. Зверьков. Система плутоний—галлий оказалась самой сложной из всех металлических систем.

Исследование диаграммы состояния, структуры и свойств сплавов плутоний—галлий выполнено в трех странах — США, России и Франции. В США диаграмму состояния плутоний—галлий изучали дважды — сначала в годы второй мировой войны, а затем в послевоенный период. Во Франции к ее изучению приступили в 1956 г. Опубликованные резуль-

таты исследований в указанных трех странах хорошо согласуются между собой. Однако структура δ -фазных сплавов, их равновесных и метастабильных состояний в отечественных работах изучены более глубоко.

Долгие годы результаты исследования сплавов плутония по соображениям секретности как в нашей стране, так и за рубежом не публиковались. Однако престиж нашей страны как великой ядерной державы требовал демонстрации высокого уровня исследований плутония. Первое сообщение об исследованиях плутония сделал член-корр. АН СССР С.Т. Кобнеевский в 1955 г. на сессии АН СССР.

Крупномасштабной демонстрацией исследований сплавов плутония стал доклад А.А. Бочвара на Второй международной Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии (1958 г.), в котором впервые в мире были представлены результаты исследования диаграмм состояния плутония со многими элементами. Была организована также выставка диаграмм состояния, которую представлял Н.Т. Чеботарев.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА УРАНА

Впервые получение металлического урана в лабораторных условиях было осуществлено под руководством З.В. Ершовой в ГИредмет. Разработка технологии получения этого металла в промышленных условиях была начата во ВНИИНМ в 1946 г. в группе Ф.Г. Решетникова (впоследствии академик РАН) под руководством А.Н. Вольского. В качестве исходного продукта использовали тетрафторид урана, в качестве восстановителя — кальций, а затем магний, а в качестве материала тиглей — фторид кальция, а затем графит. Разработанная технология была внедрена на Заводе № 12, где было организовано производство твэлов для уран-графитовых реакторов ПО «Маяк».

Важной составной частью решения проблемы высокой эксплуатационной стойкости (высокой «живучести») этих твэлов стала разработка технологии производства слитков из рафинированного урана. В начальный период (1946—1953 гг.) урановые сердечники диаметром 38—40 мм и длиной до 800 мм изготавливали из литых заготовок. Рафинировочную плавку вели в печах типа «Аякс», ИВ-52 и

ИВ-192 в графитовых тиглях емкостью от 70 до 400 кг. Слив металла осуществляли через носок тигля. Рафинирование было несовершенным, и металл содержал большое количество примесей. В 1953—1955 гг. группа сотрудников института (А.И. Захаров, А.П. Сачков, И.И. Усиков, В.В. Калмыков и другие) под руководством Е.С. Иванова (впоследствии доктор техн. наук) разработала и внедрила технологию рафинировочной плавки с донным разливом с использованием специально сконструированных печей и более стойких материалов тиглей и изложниц.

В связи с переходом технологии изготовления сердечников на метод периодической, а затем непрерывной прокатки была разработана технология плавки и литья слитков большого диаметра массой до 2500 кг. Были созданы индукционные печи с максимальной механизацией всех операций. Технология была внедрена на ПО НЗХК и ПО ЧМЗ.

Внедрение в производство в 80-е годы сплавов на основе урана с высокими требованиями по распределению легирующих элементов и содержанию примесей потребовало разработки новой технологии литья, принципиальной особенностью которой являются последовательный процесс в виде плавки в высоковакуумной индукционной печи с электромагнитным перемешиванием металла и плавки в электронно-лучевой печи с промежуточной емкостью. Работа была выполнена и внедрена на ПО ЧМЗ сотрудниками лаборатории № 16 канд. техн. наук Н. И. Силковым, М. В. Волгиным, В. В. Рожко, В. В. Калашниковым, Ю. А. Метелкиным (впоследствии доктор техн. наук). Соответствующее оборудование было спроектировано совместно с институтом электросварки им. Е.О. Патона и изготовлено на Волжском машиностроительном заводе. Разработанная технология обеспечила промышленное производство сплавов урана высокой чистоты с необходимыми физико-механическими свойствами.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ УРАНА И ЕГО СПЛАВОВ

Работа начата в 1948 г. под руководством А.С. Займовского в одной из групп, на основе которой в 1955 г. была сформирована лаборатория обработки металлов давлением (лабора-

тория № 13, начальник лаборатории канд. техн. наук И.Д. Никитин). При Лаборатории была создана опытно-промышленная установка У-13, позволившая в производственных условиях разрабатывать многие процессы обработки давлением: прокатку, прессование, ковку, волочение, штамповку, изготовление труб и др.

В период 1955—1970 гг. группа сотрудников (Е.В. Братинкова, В.С. Чигарин, Н.А. Спорыхин, Б.А. Надеждин, В.С. Шапкин, А.С. Филичев и другие) под руководством А.Д. Никулина (впоследствии доктор техн. наук, профессор) разработала технологию прокатки прутков урана сначала на одноклетьевых нереверсивных станах, а затем на шестиклетьевом стане непрерывной прокатки. Эта технология обеспечила производство урановых стержней для твэлов уран-графитовых реакторов с однородной мелкозернистой структурой (путем закалки), минимальной пористостью, высокими механическими свойствами, благоприятной текстурой.

Другой важной работой в этот период была разработка технологии прессования урана и его сплавов, осуществленная группой в составе В.С. Машанова-Голикова, В.П. Долгова, Е.П. Клюева, В.А. Трофимова, А.И. Шалашова, А. И. Вожаева, А. Б. Петунина под руководством канд. техн. наук В.А. Федорченко. На основе этой технологии было создано промышленное производство твэлов для ядерного реактора АЭС в Чехословакии.

РАЗРАБОТКА ТВЭЛОВ ВЫСОКОЙ ЖИВУЧЕСТИ ДЛЯ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ

Работу первых уран-графитовых реакторов по наработке плутония осложняли многочисленные остановки, связанные с резким сокращением или прекращением поступления охлаждающей воды в технологические каналы из-за неравномерного увеличения диаметра твэлов в процессе эксплуатации. Такое явление формоизменения получило название эффекта апельсиновой корки, распухания или обвалности (при сохранении герметичности оболочки) или отдушины (при нарушении герметичности). Связанную с этим явлением остановку реактора называли «зависанием», а всю проблему устойчивой работы твэлов в реакто-

ре — «проблемой живучести». Для решения этой проблемы в 1953 г. создана лаборатория № 17 под руководством Г.Я. Сергеева (впоследствии доктор техн. наук, профессор, 1953—1972 гг.), затем В. В. Титовой (1972—1990 гг.) и И.И. Коновалова (с 1990 г.).

В результате проведенных исследований были установлены три основные причины зависания: формоизменение (распухание) сердечника; негерметичность оболочки, сопровождающаяся образованием оксидов урана в результате его взаимодействия с водой; растрескивающие сердечника.

Изменение размеров урановых образцов под воздействием облучения (радиационный рост) широко исследовалось начиная с 50-х годов как в нашей стране, так и за рубежом. Было установлено, что монокристаллы α -урана растут. Причиной формоизменения сердечников является анизотропия радиационного роста различно ориентированных крупных зерен в поверхностном слое литого сердечника.

Проведенные исследования показали, что решение проблемы живучести связано с разработкой методов и технологии, обеспечивающих получение сердечников с мелкозернистой квазиизотропной структурой и достаточно высокими прочностными и пластическими характеристиками.

Для решения этой проблемы был опробован ряд методов. Наиболее эффективным из них оказалась закалка сердечников из γ -области в сочетании с регламентированным содержанием в уране основных металлургических примесей — железа, кремния, никеля, алюминия, водорода, углерода, азота.

В результате были созданы малолегированный прецизионный сплав на основе урана и технология его термообработки. Исследования провела под руководством А. А. Бочвара, А.С. Займовского и Г.Я. Сергеева группа сотрудников лаборатории № 17 — канд. техн. наук В.В. Титова (впоследствии доктор техн. наук), В.К. Захарова, К.А. Борисов, В.А. Лысенко и другие совместно с сотрудниками других лабораторий (Н.Т. Чеботарев, А.А. Иванов, А. А. Круглов, Т. Г. Федоров, А. Д. Никулин, С. И. Бирюков, Н. И. Силков, В. С. Чигарин), а также работники ПО НЗХК (А.К. Иванов, А.Ф. Науменко, Р.Д. Пчелкин и др.). Внедрение этой работы привело к значительному улучшению качества сердечников и резкому

повышению стойкости твэлов в условиях эксплуатации.

Эксплуатационная надежность твэлов зависит также от надежной работы оболочки. В качестве первого материала оболочки был использован рекомендованный ВИАМ технический алюминий (так называемый сплав АМСН). Вскоре было установлено, что в условиях эксплуатации он быстро подвергается межкристаллитному разрушению. Сотрудниками института совместно с ВИАМ были разработаны новые сплавы алюминия с никелем и железом (сплавы Б1, Б1Т и АМСН2Х) с более высокой коррозионной стойкостью.

РАЗРАБОТКА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ УРАНА ДЛЯ АТОМНОЙ ТЕХНИКИ

Для изготовления ряда изделий для атомной техники необходимы материалы на основе урана различного изотопного состава, обладающие высокими физико-механическими характеристиками. Металлический уран, обладающий резко анизотропной кристаллической структурой и сравнительно невысокими физико-химическими и механическими свойствами, во многих случаях нельзя использовать для этих целей.

Для решения этой проблемы были проведены экспериментальные и теоретические исследования взаимодействия урана с другими элементами, кристаллических структур его сплавов и соединений, кинетики и механизмов фазовых превращений. На основании этих исследований были разработаны сплавы, обладающие высокими прочностными и пластическими характеристиками без существенного снижения ядерно-химических характеристик урана.

Научное руководство проблемой в целом осуществлял А.А. Бочвар, а на отдельных ее этапах в разные годы — ведущие ученые института А.С. Займовский, С.Т. Конобеевский, Ф.Г. Решетников, В.К. Орлов, В.В. Титова, Н.Т. Чеботарев, Я.Д. Пахомов, И.В. Шаталов, А. Д. Никулин, М. И. Фадеев, С. И. Бирюков. Активное участие принимали В.А. Федорченко, Э.Н. Шингарев, М.В. Волгин, В.В. Агапов, А.М. Чекушин.

В первую очередь было изучено влияние примесных элементов на структуру и свойства урана. С этой целью в институте была разрабо-

тана технология получения урана высокой чистоты методом электролиза расплавленных солей (А.Н. Огарев, Е.М. Дюжиков, А.Г. Бонн), а также созданы высокоточные методы определения содержания примесей в уране (В.К. Марков, Л.В. Липис, В.Ф. Косицын, Ю.И. Коровин, С.В. Елинсон и др.).

Следующий этап связан с исследованием влияния ряда легирующих элементов (молибдена, ниобия, циркония, титана и других) на структуру и свойства урана и создание на этой основе сплавов с высокими физико-химическими характеристиками. Была установлена высокая склонность урановых сплавов к возникновению метастабильных фаз даже при умеренных и низких скоростях охлаждения.

Полученные результаты позволили разработать положения теории и практики легирования сплавов урана. Созданы сплавы высокой эксплуатационной надежности для изготовления ответственных изделий атомной техники. Наибольший вклад в эти исследования внесли В.К. Орлов, В.М. Теплинская, О.В. Титов, Н.Т. Чеботарев, А.А. Круглов, В.В. Титова, Е.А. Орлова, А.В. Изотов.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АФФИНАЖА И ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА-235

В качестве рабочего вещества при разделении изотопов урана используют гексафторид урана. Технологию получения исходных материалов для получения металлического урана — тетрафторида и тетрахлорида — разработала в период 1945—1950 г. группа сотрудников лаборатории № 8 (И.А. Миркин, М.Д. Сенин, Ф.И. Тазетдинов, Н.Н. Попов, А.Г. Медведев, Ф.А. Костылев, Ю.В. Гагаринский и другие) под руководством профессора М.М. Попова. Результаты этих работ были положены в основу технологии аффинажа урана-235 на Комбинате № 817.

Технология получения металлического урана-235 методом металлотермического восстановления тетрахлорида была разработана группой сотрудников лаборатории № 5 (Ф.Г. Решетников, В.С. Соколов, Д.М. Стерлин, Л.И. Тренин, М.А. Дунский, И.В. Будаев и другие) под руководством А.Н. Вольского. Затем хлоридная технология производства урана-235 была заменена более эффективной фторидной технологией. При этом сотрудники ла-

боратории № 5 А.К. Евсеев и С.И. Камордин разработали метод газоплазменного восстановления гексафторида непосредственно в тетрафторид урана (так называемый процесс «Са-турн»).

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРИТИЯ И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

В начале 50-х годов в связи с разработкой термоядерного оружия перед институтом была поставлена задача по разработке материалов и технологических процессов получения трития и его соединений. Физической основой получения трития являются реакция взаимодействия нейтронов с ядрами изотопа лития-6, содержащегося в природном литии в количестве около 7,5%. Проблемой получения трития руководили З.В. Ершова и К.А. Большаков. Активное участие в ней принимали А.Н. Вольский, Т.С. Пособило, А.Н. Рашектаева, К.Г. Ткач, Б.Д. Василенко, В.Н. Введенский, В.Н. Тебус, Н.Г. Решетников, Л.И. Колобнева и др.

Необходимо было разработать промышленный способ производства изотопов водорода — дейтерия и трития, а такие их соединения ${}^6\text{Li}(\text{D},\text{T})$. В начальный период (1953 г.) в качестве литийсодержащего материала для облучения в ядерном реакторе АИ (ПО «Маяк») использовали сплав алюминий-литий, а в качестве тритийсодержащего материала для конструкций термоядерной бомбы выбрано соединение ${}^6\text{Li}(\text{D},\text{T})$. Облучение литий-алюминиевых блоков осуществлялось в реакторах ОК-180, ОК-190, ОК-190М и затем «Руслан» и «Людмила». Разработку технологии дисперсионных твэлов для этих реакторов провела группа сотрудников института (Г.П. Курбатов, В.Д. Забойкин, С.И. Артемичев, Н.Г. Решетников, В.Ф. Буховцев, Н.И. Силков, Л.И. Колобнева, В.Н. Пронин и другие) под руководством Я.Д. Пахомова.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТВЭЛОВ И ТВС ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

В 1953 г. институту была поручена проблема создания тепловыделяющих элементов энергетических ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. Для решения этой проблемы необходимо было создать ряд новых технологи-

ческих направлений: реакторное и радиационное материаловедение, технология производства твэлов, теплофизика, основы теории прочности твэлов, материалов топлива, оболочки и теплоносителя, коррозионные и эрозионные явления в условиях повышенных температур и воздействия нейтронного облучения. Основная цель — создание промышленного производства твэлов, надежных в условиях эксплуатации, экологически безопасных и экономически конкурентоспособных по стоимости электроэнергии в сравнении с другими ее источниками.

Общее научное руководство проблемой создания твэлов для ядерной энергетики и разработкой технологии их производства в первый период осуществляли А.А. Бочвар и А.С. Займовский, а затем, с 1977 г., Ф.Г. Решетникова. С 1992 г. эту проблему возглавляет доктор техн. наук, профессор Ю.К. Бибилашвили.

Для решения поставленных задач в 1953 г. была создана лаборатория № 18, которую возглавил А.Г. Самойлов (впоследствии член-корр. АН СССР). Лаборатория начала работы по созданию твэлов основных типов ядерных энергетических установок — реакторов на тепловых и быстрых нейтронах, реакторов транспортных установок (подводных лодок, надводных кораблей, атомных ледоколов) и реакторов промышленного и исследовательского назначения.

ТВЭЛЫ РЕАКТОРОВ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ

Началом работы в этом направлении стало создание твэлов для пущенной 27 июня 1954 г. первой в мире опытной АЭС в г. Обнинске. Разработка конструкции твэла была осуществлена в ФЭИ под руководством В. А. Малыха. В качестве ядерного топлива использовали крупку из сплава урана с 9% молибдена, предложенного ВНИИНМ. Опыт работы этой АЭС был использован при создании твэлов реакторов Белоярской АЭС. В качестве ядерного топлива по предложению Ф. Г. Решетникова, В. И. Зыкова и О.В. Милованова использовали более эффективную композицию — крупку из диоксида урана в магниевой матрице. В качестве материала оболочек были использованы нержавеющие стали с повышенной радиационной стойкостью и высокой сопротивляемостью межкристаллитной коррозии.

В 1966 г. группа сотрудников ВНИИНМ (В.В. Калашников, В.С. Ямников, В.Н. Костров, В.В. Сысоев, Л.А. Маланченко, В.И. Кушаковский) приступила к разработке твэлов для реакторов РБМК. Отработку технологии осуществляли на ПО ЭМЗ (г. Электросталь). Под руководством Ф.Г. Решетникова, Л.К. Дружинина, А.Т. Бабкина и других была создана автоматизированная линия производства твэлов РБМК, а под руководством В.И. Кушаковского была разработана технология изготовления таблеток из диоксида урана путем спекания их в водородной печи. В качестве материала оболочек был использован сплав циркония с 1% ниобия, а материала канальных труб — сплав циркония с 2,5% ниобия. Сплавы были разработаны ВИАМ под руководством Р.С. Амбарцумяна.

Следующим этапом создания реакторов на тепловых нейтронах стали корпусные реакторы типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.

В 1972 г. ВНИИНМ был назначен головным предприятием по разработке конструкции и технологии изготовления твэлов реактора ВВЭР-1000. Отработка опытно-промышленной технологии твэлов головного реактора на ПО ЭМЗ проводилась под руководством доктора техн. наук, профессора И.С. Головина при активном участии главного инженера завода К. Я. Егорова. Разработку активной зоны реактора осуществляли ОКБ Гидропресс (Д. Д. Шмелев) и ИАЭ им. И. В. Курчатова. В разработке и внедрении технологии принимала участие группа ведущих сотрудников института — Ю. К. Бибилашвили, В. С. Ямников, В.Н. Костров, И.А. Астафьев, В.В. Сысоев, А.П. Климов, В.И. Кушаковский, Е.Б. Чижов и др.

ТВЭЛЫ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Реакторы на быстрых нейтронах позволяют осуществить расширенное воспроизводство ядерного топлива за счет конверсии урана-238 в плутоний-239.

Инициатором и первым научным руководителем работ по реакторам на быстрых нейтронах был академик А.И. Лейпунский.

В 1953 г. под руководством И.С. Головина была разработана технология изготовления твэлов для охлаждаемого ртутью реактора

БФ-2 тепловой мощностью 150 кВт, установленного в ФЭИ. В качестве ядерного топлива ТВЭЛов были использованы литые стержни из сплава плутония с галлием, зачекленные в тонкостенную медную трубку, а в качестве материала оболочки — нержавеющей сталь. ТВЭЛы аналогичной конструкции были использованы затем в импульсном исследовательском реакторе ИБР в ОИЯИ (г. Дубна).

Учитывая относительно невысокую температуру и радиационную устойчивость металлического плутония и его плохую совместимость с материалами оболочки, А.А. Бочвар предложил использовать в качестве ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах диоксид плутония или смешанный уран-плутониевый диоксид. Это открыло дорогу созданию быстрых реакторов высокой мощности.

Первым таким реактором был охлаждаемый натрием реактор БР-5, введенный в эксплуатацию в 1959 г. В качестве топлива был использован диоксид плутония. ТВЭЛы усовершенствованных конструкций были использованы в реакторах ИБР-2 и ИБР-30 в г. Дубне. В разработке и внедрении технологии изготовления этих ТВЭЛов (руководитель И.С. Головнин) активное участие принимали ведущие сотрудники института — Ю. К. Бибилашвили, Т.С. Меньшикова, М.С. Пойдо, Л.И. Сытов, В.М. Родин, В.М. Гуров и др.

Следующим этапом в развитии работ по реакторам на быстрых нейтронах стало введение в строй в 1970 г. в НИИАР (г. Димитровград) опытного реактора БОР-60, в котором были испытаны десятки ТВС с различными конструкциями ТВЭЛов и варианты технологии их заполнения ядерным топливом на основе смешанного уран-плутониевого диоксида.

Первый промышленный реактор БН-350 на быстрых нейтронах был введен в эксплуатацию в 1979 г. (г. Актау, Казахстан). В качестве ядерного топлива используется как диоксид урана, так и смешанный уран-плутониевый диоксид (МОХ-топливо). Второй более мощный реактор БН-600 сооружен на Белоярской АЭС (г. Заречный) и введен в эксплуатацию в 1980 г.

Особенность работы ТВЭЛов в реакторах на быстрых нейтронах — сравнительно высокие рабочие температуры (до 710 °С на оболочке и до 2500 °С в центре сердечника) и большие дозы облучения (до $2 \cdot 10^{23}$ нейтр/см²). Работа конструкционных материалов в столь жестких

условиях ведет к накоплению в них радиационных дефектов (вакансий), преобразующихся с течением времени в поры с соответствующим увеличением объема материала (вакансионное распухание). Воздействие облучения на материалы сопровождается также рядом других эффектов — потерей пластичности (явление высокотемпературного радиационного охрупчивания — ВТРО и низкотемпературного охрупчивания — НТРО), радиационной ползучестью. Кроме того, наличие температурных градиентов по длине ТВЭЛов приводит к селективному растворению отдельных элементов материала оболочки в среде жидкого натрия, сопровождающемуся нарушением механических и коррозионных характеристик материала. Все это потребовало разработки новых более совершенных сталей и качества материалов оболочек ТВЭЛов и ТВС. Под руководством Н.П. Агаповой разработаны сложнолегированная аустенитная сталь ЭИ-847 (ОХ16Н15МЗБ), а затем сталь ЭП-172 (аналогичное легирование с добавкой 0,008—0,01% бора), сталь ЧС-68 и материал чехлов ТВС — феррито-мартенситная сталь ЭП-450. В разработке и внедрении этих материалов активное участие принимали С.Н. Вотинов, А.Г. Иолтуховский (впоследствии доктора техн. наук), канд. наук В.П. Кондратьев, В.В. Романев, В.С. Агеев, Т.А. Красина, В.А. Покладак, В.Д. Онуфриев, В.П. Воейков, Н.М. Митрофанова, Н.А. Лазарева, Е.А. Медведева, Е.В. Братинкова, В.Г. Сербаев и др. Сварку ТВЭЛов разработали Ю.И. Казеннов, Л.Т. Бабкин.

Большой вклад в фундаментальные исследования влияния различных видов облучения на структуру и свойства реакторных сталей и других материалов атомной техники внесли теоретические и экспериментальные работы членкорр. АН СССР С.Т. Конобеевского и доктора техн. наук, профессора Ю.Н. Сокурского.

ТВЭЛЫ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Работы по ТВЭЛАм транспортных реакторов начали развиваться в 1953 г. под руководством А.Г. Самойлова. Одно из первых заданий — разработка технологии изготовления ТВЭЛов для водо-водяного реактора атомной подводной лодки. Первая конструкция ТВЭЛА, предложенная ИАЭ, представляла собой трубку диа-

метром 6 мм из нержавеющей стали ОХ18Н10Т, внутри которой находились таблетки из диоксида урана. Была разработана конструкция ТВС, где твэлы были дисперсионные кольцевые. В разработке новых вариантов активной зоны и внедрения в производство технологии изготовления твэлов и ТВС активное участие принимали И.С. Головнин, А.С. Лукьянов, В.П. Костомаров (впоследствии доктора техн. наук), В.С. Фураев, Ю.В. Ростовцев (впоследствии канд. техн. наук), Ю.В. Морозов. Новые конструкции твэлов и ТВС позволили в 8—10 раз увеличить кампанию активных зон реакторов подводных лодок первого поколения. В проведении этих работ активное участие принимали Е.В. Коршунов, В.П. Костомаров, В.И. Агеенков, А.В. Позднякова, П.В. Морозов, В.И. Николаев и другие.

В результате совершенствования конструкции твэлов и материала топливного сердечника, применения новых конструкционных материалов и методов контроля были повышены ресурсные характеристики в подводных лодках последующего поколения, надводных кораблей и атомных ледоколов.

Большой вклад в разработку математических моделей поведения твэлов в рабочих условиях внесли М.И. Солонин, канд. техн. наук А.В. Ватулин, В.А. Лысенко, инженер В.В. Федотов. В целях дальнейшего повышения надежности твэлов, ТВС и реакторов в целом начиная с 1987 г. проведен большой объем исследований поведения твэлов в условиях, имитирующих аварийные ситуации. Активное участие в этих работах принимали В.В. Федотов, В.А. Мишунин, Н.А. Грузинцева, О.М. Хлопкина.

ТВЭЛЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ С ДИСПЕРСИОННЫМ ТОПЛИВОМ

В 1956 г. группа сотрудников лаборатории № 21 (Г.П. Курбатов, Е.В. Рябинин, А.И. Семин, В.Д. Забойкин) под руководством Г.А. Меерсона и Я.Д. Пахомова впервые разработали технологию изготовления дисперсионных твэлов на основе композиции диоксид урана — алюминий с обложками из сплава АМСН. Твэлы этого типа, изготовленные на ПО ЭМЗ и затем на ПО НЗХК, обеспечили успешную эксплуатацию реакторов ОК-180,

ОК-190 и ОК-190М по наработке трития и различных изотопов в интересах обеспечения обороноспособности страны и потребностей народного хозяйства и науки.

В 1961 г. под руководством Я.Д. Пахомова была разработана и внедрена на ПО НЗХК технология изготовления цилиндрических дисперсионных твэлов ДАВ-21 (с 21% обогащения по урану-235), предназначенных для уран-графитового реактора АВ-3. В 1964 г. были разработаны дисперсионные твэлы АИД-21, АИД-80 и АИД-90 для реактора АИ.

В 1963 г. под руководством В.И. Агеенкова были разработаны и внедрены в промышленность дисперсионные твэлы для высокопоточного исследовательского реактора на промежуточных нейтронах СМ-2 (г. Димитровград).

Новым этапом в конструкции дисперсионных твэлов и ТВС явилась разработка конструкции и технологии изготовления на ПО НЗХК длинномерных (более 1 м) твэлов реактора «Руслан», пущенного в 1979 г. В этой работе, проведенной под руководством Я.Д. Пахомова и потребовавшей творческой инициативы, участвовала большая группа сотрудников лаборатории № 21 (Г.П. Курбатов, Ю.А. Стецкий, А.И. Семин, В.Д. Забойкин, С.И. Артемичев, В.Б. Супрун и др.).

Успешный опыт эксплуатации дисперсионных твэлов в ряде реакторов был использован при разработке шестигранных твэлов и ТВС исследовательских реакторов ИВВ-2М и при последующем переводе на этот тип твэлов многих других исследовательских реакторов (МР, МИР, ИРТ-М, ВВР-М2, ИР-100 и др.).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Основная цель переработки отработавшего ядерного топлива — повторное использование регенерированных плутония и урана в качестве вторичного топлива и надежное решение проблемы с высокоактивными отходами топливного цикла. Конечная цель разрабатываемых технологий — создание замкнутого цикла ядерной энергетики.

В 1967 г. было принято решение о строительстве первого отечественного завода по регенерации твэлов — завода РТ-1 на ПО «Маяк». Разработка технологии регенерации и предварительные опытно-промышленные испытания

экстракционных процессов выделения из топлива нептуния и урана были проведены под руководством В.Б. Шевченко и И.В. Шилина (от ВНИИНМ), А.С. Никифорова, Б.В. Никипелова, В.И. Землянухина и Б.С. Захаркина (от ПО «Маяк»). Для выполнения отдельных этапов технологии были привлечены НИКИМТ, ЭНИКМАШ, СКБ ГИТ СО АН СССР, НИИхиммаш, Свердловский НИИхиммаш, ВНИПИЭТ. Руководство отдельными этапами работ от ВНИИНМ осуществляли А.М. Розен, С.М. Карпачева, Л.С. Рагинский, В.М. Муратов, В.Я. Иванов. В институте был проведен большой объем исследований по экстракционному аффинажу плутония и нептуния с использованием триалкиламинов и ТБФ (В.С. Шмидт, Г.К. Купрюнин, А.С. Соловкин и др.), а также методов получения оксидов урана, плутония и нептуния (И. Г. Слепченко, Л. М. Борисов, В.Г. Андрюшин и др.). Пуск уникальных производств завода РТ-1 состоялся в 1977 г.

В последующие годы в институте совместно с ПО «Маяк» и под руководством А.М. Розена был разработан и внедрен новый более эффективный экстрагент — триизоамилфосфат, отличающийся в 10—15 раз меньшей растворимостью (а следовательно, и потерями) в водных растворах.

В 1983—1988 гг. введен в эксплуатацию второй комплекс завода РТ-1 по переработке отработавшего топлива реакторов ВВЭР. С начала 80-х годов регенерированный уран используют в качестве топлива в реакторах РБМК, БН-350 и БН-600. В 1981—1985 гг. проведен цикл исследовательских работ по разработке технологии третьего комплекса завода РТ-1 для переработки топлива реакторов РБМК. По разработанной ВНИИНМ технологии на заводе РТ-1 с 1985 г. начата регулярная регенерация топлива реактора БН-600.

В целях осуществления замкнутого ЯТЦ в институте развиваются работы по фракционированию радионуклидов отработавшего топлива, в частности, извлекаются из него ощутимые количества ряда ценных металлов — палладия, рутения и родия.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Проблему снижения выбросов радиоактивных аэрозолей и газов радиохимических и хи-

мико-металлургических заводов решала лаборатория под руководством доктора техн. наук И.Е. Нахутина (1958—1988 гг.), а затем канд. хим. наук Л.Н. Растунова. С помощью методов и аппаратов аэрозольной и йодной очистки удалось снизить выбросы предприятий до значений, составляющих 10—15% уровня санитарных норм. Лаборатория активно участвовала в проектировании, монтаже и вводе в эксплуатацию систем газоочистки завода РТ-1. Под руководством И.Е. Нахутина и при активном участии А.С. Полякова разработаны конструкции ряда фильтров, в частности, стекловолоконный фильтр аэрозольной очистки, который улавливает жидкие аэрозоли в непрерывном режиме в течение нескольких лет.

Для решения проблем дезактивации транспортных ЯЭУ была организована лаборатория под руководством канд. техн. наук М. В. Угрюмова (1965—1975 г.), а затем канд. хим. наук Л.А. Мамаева (1975—1988 гг.) и К.А. Рыбакова (с 1988 г.). Были проведены работы по технологии дезактивации первых контуров и оборудования транспортных ЯЭУ (канд. техн. наук Г.С. Москвичев и Г.М. Дергунова) и оборудования радиохимических производств (канд. хим. наук А.И. Иванцов). Результаты проведенных исследований внесли значительный вклад в улучшение радиационной обстановки на ЯЭУ и радиохимических производствах.

Работы по проблеме жидких радиоактивных отходов (ЖРО) проводились в лаборатории № 14 (начальник лаборатории канд. хим. наук А.Н. Ефимов). Там же был проведен комплекс исследований по разработке технологических схем переработки низкоактивных ЖРО и их физико-химическому обоснованию (доктор хим. наук Ф.В. Раузен, канд. техн. наук М.И. Жихарев, Л.П. Суханов, В.К. Назаров, М.А. Белокурова, В.Н. Ладынина, Н.Ф. Кулешов, Н.П. Трушков и другие); результаты внедрены на ПО «Маяк», Горно-химическом комбинате и Сибирском химическом комбинате.

В целях интенсификации исследований по переработке и захоронению ЖРО низкого и среднего уровня активности была создана лаборатория под руководством канд. техн. наук М. И. Жихарева (1977—1984 гг.), а затем канд. техн. наук О. Л. Масанова (с 1984 г.). Проведены исследования по разработке технологии отведения ЖРО низкого и среднего уровня

активности путем их включений в битум, цемент и другие водостойкие связующие. Разработаны аппаратурно-технологические схемы очистки и концентрирования РАО низкого и среднего уровня активности (В.В. Куличенко, М.И. Жихарев, К. П. Захарова и др.). Результаты исследований и опыт работы систем переработки и отверждения отходов были использованы в других странах (Ливия, Куба).

Под руководством А. С. Никифорова, В. В. Куличенко, А. С. Полякова и В. В. Кушникова проведен комплекс исследований процессов включения высокоактивных отходов (ВАО) в фосфатные стеклоподобные матрицы, результаты которых реализованы при создании промышленного цеха остекловывания на заводе РТ-1. С 1991 г. остекловано более 10 тыс. м³ отходов в виде 2 тыс. т фосфатного стекла.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРИДОВ

Гидриды ряда металлов используют в ядерной энергетике в качестве эффективных замедлителей нейтронов и материалов радиационной защиты в ЯЭУ космического, транспортного и специального назначения. Для разработки технологических процессов получения гидридов была создана лаборатория № 30 под руководством канд. техн. наук (впоследствии доктора техн. наук) К.Г. Ткача. Одной из первых работ было освоение технологии производства блоков радиационной защиты из гидрида лития (М.А. Дунский, П.П. Егоров), реализованной на ПО НЗХК совместно со специалистами НПО «Красная Звезда».

РАБОТЫ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Работы в области управляемого термоядерного синтеза (УТС) в институте начаты в 1965 г. под руководством З.В. Ершовой. Цель проводимых исследований — разработка тритиевого комплекса международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР), включающего обеспечение непрерывного питания плазмы топливом за счет регенерации дейтерий-тритиевой (ДТ) смеси с удалением из нее примесей и воспроизводство трития в blankets.

Удаление примесей достигается путем выведения топливного газа из объема плазменной

камеры и его глубокой очистки. В целях очистки ДТ-смеси от тяжелых примесей (Н₂О, N₂, О₂, СО, СО₂ и других) используют различную поглотительную способность адсорбентов по отношению к изотопам водорода и примесям. Очистка от гелия основана на его индифферентности по отношению к таким металлам, как титан, цирконий и их соединения, хорошо поглощающим изотопы водорода. Используются также палладиевые фильтры-мембраны. Работы в этом направлении проведены под руководством В.К. Капышева, С.Б. Мухаммед-Галеевой, Н.К. Виноградовой, В.А. Николаева.

Воспроизводство трития осуществляют в литиевой зоне blankets. В качестве литийсодержащих материалов исследованы как жидкие вещества (литий, эвтектика литий-свинец), так и твердые (керамика, ситаллы). Работы ведутся под руководством Б.В. Шулятикова, В.Г. Васильева, Е.П. Старшина, Б.В. Петрова.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

К работам по технической сверхпроводимости в институте приступили в 1961 г. Исследованиями по технологии плавки материалов руководил В.К. Коронцевич, по металлосведению и термообработке — В. Д. Бородич, которая осуществляла общее руководство по данной тематике. В 1963 г. была разработана технология изготовления первого отечественного сверхпроводника в виде биметаллической проволоки диаметром 0,3 мм, состоящей из сердечника (сплав ниобия с 50% циркония (НЦ-50)) и латунной оболочки. Промышленная технология была реализована на Ульбинском металлургическом заводе (УМЗ).

В связи с тем, что сплав НЦ-50 плохо совместим с медью, в 1964 г. перешли на сплав ниобия с 50% титана (НТ-50), из которого сначала был изготовлен одножильный, а затем 19-жильный сверхпроводник. В 1965—1970 гг. проведены исследования режимов выдавливания, волочения, промежуточной и окончательной термообработки многожильных композитных сверхпроводников. Для защиты сплава НТ-50 от взаимодействия с медью в процессе термообработки впервые был использован барьер из ниобия, который в последующем стали применять во всех многожильных сверхпроводниках.

В 1970—1971 гг. основные работы по сверхпроводимости в нашей стране были сосредоточены в организациях Минсредмаша. Научное руководство проблемой возложено на ИАЭ им. И. В. Курчатова, головной организацией по технологии сверхпроводников назначен ВНИИНМ, их производство поручено УМЗ, а разработка кабельной технологии — ВНИИКП. Большая роль в организации и руководстве этими работами принадлежит А.П. Александрову, А.А. Бочвару, В.П. Потанину, В.Ф. Коновалову, Н.А. Черноплекову, Е.Ю. Клименко. В 1970 г. руководство проблемой сверхпроводимости в институте возглавил А.Д. Никулин.

К концу 1974 г. был разработан сверхпроводник из сплава НТ-50 диаметром 1,0 мм с 1045 жилами диаметром 20 мкм. Критическая плотность тока по сплаву составила $(1,2—1,3) \cdot 10^5$ А/см² в поле 5 Тл. Результаты работы были использованы при разработке крупных магнитных систем — «Гиперон» (ИТЭФ), МГД-генератора (ИВТ АН СССР) и др. В работах активное участие принимали В.Я. Филькин, В.Ф. Гоголя, В.А. Дробышев, И.И. Давыдов, Э.И. Плашкин, Б.В. Яковлев, А.П. Голубь и др. Важную роль в установлении связи между структурой и сверхпроводящими свойствами сыграло использование методов электронно-микроскопического, рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализа под руководством Ю.Н. Сокурского, А.И. Скворцова и В.С. Сергеева.

В 1978 г. перед институтом была поставлена задача создания многожильного сверхпроводника для магнитной системы ускорительно-накопительного комплекса в Протвине с критической плотностью тока более $1,2 \cdot 10^5$ А/см², диаметром жил 6 мкм, длиной 750 м. Более 10 лет потребовалось для выполнения этой комплексной задачи. Было произведено около 68 т (1500 км) сверхпроводников.

Следующим этапом работ по технической сверхпроводимости была разработка сверхпроводников на основе интерметаллического соединения Nb₃Sn. Был опробован ряд технологических методов получения таких сверхпроводников, в частности, путем взаимодействия жидкого олова с тонкой ниобиевой лентой, пропускаемой через жидкую ванну, а также путем диффузионного взаимодействия внутреннего сердечника из сплава медь-олово с

расположенными вокруг него ниобиевыми жилами в медной матрице (метод «внутреннего источника»). В 1971 г. начата разработка нового метода получения многожильных сверхпроводников на основе Nb₃Sn, заключающегося в осуществлении твердофазной диффузии олова в ниобиевые жилы, расположенные в матрице из оловянистой бронзы (сплав меди с 8—10% олова). Этот метод, не имевший в тот период аналогов в мире, получил название «бронзовой технологии». Первые многожильные провода, изготовленные по такой технологии, имели диаметр 0,24 и 0,46 мм и содержали 361 жилу.

Наиболее крупной работой по созданию сверхпроводников на основе Nb₃Sn явилась разработка технологии токонесущего элемента тороидальной обмотки магнитной системы «Токамак-15». По разработанной технологии в период 1982—1984 гг. было выпущено 1600 км провода массой 24 т, из которой было изготовлено 360 партий токонесущего элемента длиной 350—360 м. Пущенный в 1988 г. «Токамак-15» был первой в мире термоядерной установкой, в которой использованы сверхпроводники на основе Nb₃Sn. В разработку технологии и внедрение ее в производство, осуществленные под руководством А.Д. Никулина, большой творческий вклад внесли Я.Ф. Филькин, В.Ф. Гоголя, И.И. Давыдов, В.А. Ковалева, А.К. Шиков, А.Г. Силаев, Н.А. Беляков, Р.Х. Алимов, Г.П. Ведерников, Н.Б. Калинин, А.Е. Воробьева, А.П. Костылев, В.И. Панцырный.

В 1984 г. начата разработка конструкции и технологии многожильного сверхпроводника для магнитной системы опытного термоядерного реактора (ОТР). Опытные партии такого проводника были изготовлены на УМЗ.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЦИРКОНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Сплавы на основе циркония, обладающие низким сечением захвата тепловых нейтронов и высокими антикоррозионными свойствами, широко используются в качестве материала оболочек твэлов и ТВС энергетических ядерных реакторов на тепловых нейтронах. Работы по технологии получения циркония и его сплавов, изучению их структуры и свойств начались в институте в 1953 г.

В 1954 г. под руководством члена-корр. АН

СССР Н.А. Изгарышева и канд. техн. наук (впоследствии доктор техн. наук) А.Н. Огарева была начата разработка электролитической технологии получения циркония. Активное участие в работе принимали В.В. Шентяков (впоследствии доктор техн. наук), Н.Г. Аксенов и А.Т. Неделяев (впоследствии канд. техн. наук), а также Е.И. Савенко, В.Н. Глазунов, Л.М. Токарев. Разработанная технология была внедрена на ПО ЧМЗ при творческом участии В.С. Некрашевича, В.С. Юдина, И.Д. Подаруева, Л.А. Суворова, М.В. Голубева, С.В. Головина, А.И. Поленова. На первом этапе для очистки от примесей азота и кислорода получаемый цирконий необходимо было подвергать йодидному рафинированию. В 1959 г. группа конструкторов (В.В. Грибков, И.Н. Галкин, Л.М. Токарев, И.М. Павлюченко) и технологов института (А.Н. Огарев, Д.Д. Фролов, А.Т. Неделяев) создали конструкции промышленного электролизера закрытого типа, обеспечившего получение циркония реакторной чистоты.

Работы по технологии плавки и литья циркония были начаты в 1954 г. под руководством В.К. Коронцевича (впоследствии канд. техн. наук) при активном участии В.М. Аржаковой (впоследствии канд. техн. наук), Р.Д. Израэлянца (впоследствии канд. техн. наук), П.Т. Силина, С.В. Федорова и др. Были спроектированы и введены в эксплуатацию на ПО ЧМЗ высоковакуумные дуговые печи для производства сплавов циркония с 1 и 2,5% ниобия. Использование этих печей обеспечило получение слитков массой 600 кг и объем производства 1200—1500 т/год. Под руководством В.К. Коронцевича и В.М. Аржаковой была разработана и внедрена технология выплавки слитков дуплекс-процессом: первый переплав электролитного порошка осуществлен на электронно-лучевой печи, второй — на электронно-дуговой печи.

Исследования по технологии производства труб из сплавов циркония проводились под руководством А.С. Займовского, Ф.Г. Решетникова, А.Д. Никулина и А.В. Никулиной. Большой вклад в них внесли О.В. Бочаров, А.Ф. Вуколов, Н.Г. Решетников, А.А. Кабанов, А.В. Кукушкин, В.А. Францкевич, Н.С. Тихонов и др.

Использование сплавов циркония в ядерной энергетике требовало глубокого изучения

структуры и свойств этих материалов. Научное руководство этими исследованиями возглавляли А.С. Займовский (до 1986 г.), доктор техн. наук Л.И. Цупрун, а затем доктор техн. наук А.В. Никулина. В работе активное участие принимали канд. техн. наук А.А. Хайковский, В.Н. Абрамцев, К.И. Лапшина, П.В. Шебалдов.

В истории использования циркония в атомной технике был драматический период, когда в 60-х годах после аварии на Дрезденском реакторе (США) было сделано ошибочное заключение, что причина ее состоит в образовании водорода вследствие взаимодействия циркония с пароводяной смесью. На некоторый период работы с цирконием были прекращены и лишь после установления истинных причин аварии они интенсивно продолжились. К 1970 г. в нашей стране было создано крупномасштабное циркониевое производство, удовлетворяющее потребности отечественного реакторостроения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ БЕРИЛЛИЯ

Работы по исследованию бериллия были начаты в лаборатории № 21 в 1953 г. Их возглавляли последовательно доктор техн. наук Г.А. Меерсон, Я.Д. Пахомов, В.Н. Пронин, кандидаты техн. наук В.А. Горохов, Д.А. Давыдов.

Бериллий имеет гексагональную структуру, однако в отличие от других металлов с подобной структурой (магния, титана, циркония и других) имеет более ограниченное число систем деформации (плоскостей и направлений скольжения), что значительно снижает его пластические характеристики. Поэтому основным методом получения изделий из бериллия и его сплавов является метод порошковой металлургии.

Первые исследования бериллия проводили в целях изготовления отражателей нейтронов в некоторых типах ядерных реакторов и изготовления изделий в интересах народного хозяйства. В 1955 г. сотрудники института (Н.Ф. Миронов, И.А. Широков, Н.М. Богорад, Ю.И. Кочетов) и лаборатории Подольского опытного завода (ПОЗ) разработали промышленную технологию получения горячепрессованных заготовок диаметром до 110 мм из порошка крупностью до 600 мкм, из кото-

рых путем механической обработки были изготовлены блоки замедлителей ядерных реакторов и ряд специзделий. В 1958 г. была внедрена технология теплого выдавливания бериллиевых прутков для отражателей нового типа реакторов.

В 1963—1965 гг. промышленное производство бериллия для нужд атомной и ракетной техники было создано на Ульяновском механическом заводе (УМЗ) с использованием технологий, разработанных во ВНИИНМ и ПОЗ. На одном из заводов Министерства авиационной промышленности (МАП) была внедрена технология выдавливания бериллиевых прутков и диффузионной сварки блоков массой до 900 кг (Н.М. Богорад, Н.Ф. Миронов). В 1965—1975 гг. проведены интенсивные исследования по гидростатическому прессованию бериллия (канд. техн. наук Н. Ф. Исланкина).

Было освоено производство порошков бериллия крупностью 56 мкм и изделий из них для приборной техники (В. А. Горохов, Г. Н. Николаев, В. Б. Левин).

В 1977 г. была разработана технология изготовления крупногабаритных изделий для металлооптики, а в 1978—1983 гг. разработан новый приборный сорт бериллия с высокой размерной стабильностью, в связи с чем на УМЗ внедрена технология горячего изостатического прессования.

В последние годы исследования бериллия связаны с его использованием в качестве перспективного конструкционного материала для термоядерного реактора ИТЭР.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Радионуклидные источники широко используются в промышленности, науке, медицине и ряде других отраслей народного хозяйства. В зависимости от характера излучения они подразделяются на источники нейтронов, α -частиц (α -источники), электронов (β -источники) и γ -квантов (γ -источники). По характеру своего происхождения источники радиоактивного излучения могут быть естественными (например, α -излучение радия) и искусственными.

Для инициирования реакции в ядерной бомбе необходим источник нейтронов (нейтронный запал). Получение нейтронных источников основано на (α, n)-реакции взаимодей-

ствия α -частиц с ядрами атомов легких элементов, например, бериллия. В качестве источника α -частиц используют полоний-210.

Технология выделения металлического полония из облученного висмута, основанная на его растворении в азотной кислоте, электрохимическом осаждении полония на медном порошке и последующей вакуумной возгонке, была разработана совместными усилиями ученых ВНИИНМ (З.В. Ершова, Г.П. Новоселов, Е. В. Гиршберг, М. И. Бродская, К. Г. Швельблит и другие) и ИАН. В 1949—1951 гг. в институте была создана первая производственная установка для получения массовых количеств полония-210. На основе этого материала были изготовлены первые полониево-бериллиевые нейтронные источники. В 1952 г. на заводе «Авангард» (г. Саров) было начато промышленное производство этих источников.

В 60-х годах была разработана технология использования энергии α -распада полония в качестве генератора тепла с последующим преобразованием его в электрическую энергию. В 1963 г. на заводе «Авангард» был изготовлен первый демонстрационный блок «Лимон» с электропреобразователем. В 1965 г. при участии сотрудников института изготовлены два тепловых блока «Орион» (12—17 тыс. Кв, 18 Вт (эл.)), успешно использованные на спутниках «Космос-84» и «Космос-90».

В период 1968-1972 гг. на заводе «Авангард» с участием сотрудников института были выпущены три блока обогрева 23—27 тыс. Кв тепловой мощностью 717—840 Вт, два из которых использованы для обогрева аппаратуры самоходных станций «Луноход-1» (1970-1971 гг.) и «Луноход-2» (1973 г.).

В проведении комплексных работ по проблеме полония принимали участие многие сотрудники института — З.В. Ершова, Б.В. Петров, А.С. Абакумов, В.С. Купцов, Ю.Г. Клабуков, Е.С. Прокин, Л.Н. Новиков, Б.С. Аксенов, В.Д. Новиков, В.В. Шепилов, И.Д. Кузнецова, Л.Я. Рудая, И.И. Бродская, М. Л. Малышев, А.Д. Хохлов, Н.Ф. Резников, В.С. Зверев, Т.Н. Ананина, И.М. Горский, В.Д. Бородин, В.С. Демидова и др.

Существенным преимуществом нейтронных источников на основе соединения $PuBe_{13}$ является их стабильность в отношении выхода нейтронов, что обусловлено длительным периодом полураспада плутония-239. Технология изгото-

вления таких источников, заключающаяся в выплавке сплава, его дроблении в порошок, холодном прессовании брикетов заданной формы и их герметизации в стальную тонкостенную оболочку, была разработана в 1957 г. группой сотрудников лаборатории № 4 (В.И. Кутайцев, Е.С. Смотрицкая, В.Н. Конев).

В 1959 г. под руководством К.Г. Швельблита (1959—1975 гг.) и затем В.С. Колтунова (с 1975 г.) была создана Лаборатория радиоактивных источников излучения. В 60—70-х годах лаборатория разработала ряд конструкций и технологий изготовления α -источников на основе плутония-239, полония и изотопов урана (В.Н. Чесалин, А.И. Долгов, Р.В. Климова, М.П. Филиппова, И.И. Балаклеец) и β -источников (В.П. Сытин, В.Г. Москалев, М.М. Казакова, Л.А. Соколова, М.Г. Кулагина). В период 1976—1979 г. группа В.Н. Чесалина разработала плутониевый источник СИВ (средство ионизации воздуха) для снятия статического электричества с нитей в ткацких станках. Его применение на комбинате «Красная роза» привело к значительному сокращению обрыва нитей, увеличению производительности станков и повышению качества тканей.

В последующие годы сотрудники лаборатории разработали ряд других α -, β - и γ -источников в целях использования их в конкретных условиях промышленного производства, сельского хозяйства, охраны окружающей среды и медицины.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АТОМНОЙ ТЕХНИКИ

Для выбора и апробации методов аналитического контроля материалов, используемых на предприятиях атомной отрасли, в конце 1945 г. под руководством академика А.П. Виноградова была создана Аналитическая комиссия. Членом Комиссии от ВНИИНМ стал начальник аналитической лаборатории (впоследствии отдел), созданной в институте в начале 1946 г., доктор хим. наук В.К. Марков, а затем с 1978 г. доктор техн. наук В.Ф. Косицын. Этим отделом разработан и внедрен в производство большой комплекс методов аналитического контроля:

определение содержания урана в рудах (докт. хим. наук А.Е. Клыгин, С.В. Елинсон, И.В. Моисеев);

аналитический контроль металлического урана (В.С. Ижевский);

аналитический контроль продукции радиохимических заводов (И.В. Моисеев, Е.И. Захаров, М.И. Конарев, С.А. Заколупин, Н.А. Землянухина, Н.Н. Бородина, В.Т. Цветкова);

физико-химические методы анализа: гигрометрия, кулонометрия (канд. хим. наук Р.И. Алексеев, В.Т. Харламов, А.Я. Куперман);

жидкостная хроматография (В.К. Марков, канд. хим. наук В.И. Астафуров, Е.И. Ржехина, М.Ф. Коринфская и другие);

спектроскопические методы аналитического контроля (докт. хим. наук Л.В. Липис, Ю.И. Коровин, А.А. Вашман, В.Н. Егоров, М.В. Хацкевич, канд. наук Т.Г. Федоров, Т.Г. Тетерин и другие);

методы анализа конструкционных и сверхпроводящих материалов (группы сотрудников под руководством С.В. Елинсона и доктора техн. наук, профессора Э.М. Центера);

метод иммерсионного α -детектирования (Э.М. Центр, С.В. Елинсон, канд. наук М.И. Крапивин, Т.И. Евсеева);

метод нейтронометрии (Э.М. Центр, канд. техн. наук Е.В. Чванкин, В.В. Иванова, А.И. Песков);

метод радиоактивационного анализа (канд. техн. наук В.В. Овечкин, Т.К. Рагимов);

метод α - и γ -спектрометрии (Т.К. Рагимов, В.В. Овечкин, В.И. Тимошин, М.А. Наумов).

Для решения задач контроля и автоматизации радиохимических процессов в институте была создана лаборатория, которую сначала возглавлял канд. техн. наук Н.С. Барков, затем доктор техн. наук М.В. Хацкевич, а с 1989 г. — канд. техн. наук А.В. Молчанов. В лаборатории проведены разработки приборов и систем контроля технологических процессов экстракционной переработки облученного ядерного топлива, а также методов и систем управления указанными процессами. Наибольший вклад в решение этих задач внесли канд. техн. наук А.В. Молчанов, В.Г. Александров, Н.С. Коршунов, А.М. Немировский, М.С. Алабян, научные сотрудники В.И. Шербатых, О.В. Калинин, А.Д. Бобков, Н.В. Гусаров, Б.В. Ершов, В.Н. Московкин, Ю.В. Малыгин, В.С. Матвеев, А.С. Чухнов, И.В. Уваров, А.А. Круглов.

Для разработки методов и аппаратуры контроля твэлов уран-графитовых реакторов в ин-

ституте была создана лаборатория № 24 под руководством канд. техн. наук В.В. Горского. В 1993 г. на базе этой лаборатории образовано отделение стандартизации, метрологии и качества во главе с канд. техн. наук Г.В. Титовым. В лаборатории были разработаны:

методы ультразвукового контроля урановых сердечников и твэлов (М. В. Хашкевич, Б.С. Ходулев, С. Т. Иванов, В. М. Захаров, А. А. Кабашева);

методы вихревых токов для контроля содержания примесей в уране (В.К. Попов и другие); приборы неразрушающего контроля, обеспечивающие выпуск высококачественных твэлов для реакторов различного назначения, полупроводников для ядерной техники (В.Т. Дорин, Г.Ф. Жданенко, А.Ф. Попов, А.В. Демин, И.О. Шлепнев, Е.П. Малыгин, В.И. Бакулин, В.Т. Пронякин и др.).

РАБОТА ИНСТИТУТА В УСЛОВИЯХ ХОЗРАСЧЕТА И КОНВЕРСИИ (1988—1996 г.)

Несмотря на специфику тематики и работы в области решения оборонных задач и ядерной энергетики, институт уже в 70—80-х годах большое число разработок передавал в народное хозяйство — цветную металлургию, текстильную и медицинскую промышленность, радиоэлектронику, станкостроение и др. В первую очередь это относится к внедрению в различные отрасли производства пульсационной технологии и аппаратуры, разработанных под руководством С.М. Карпачевой, А.М. Розена, В.И. Муратова, Л.С. Рагинского и др.

ВНИИНМ разработал новое направление в химическом аппаратостроении.

В качестве примера можно привести использование пульсационной техники на Качканарском и Северо-Енисейском золотодобывающих рудниках, на заводе «Каустик» в Волгограде, на комбинате «Североникель», на Ангарском заводе нефтеоргсинтеза.

В эти же годы ряд других научно-технических разработок институт передал в народное хозяйство. Так, с использованием разработанной в институте технологии нанесения тонкопленочных защитных покрытий в вакууме были созданы мощные СВЧ-транзисторы для приборов сверхдальней связи, космического телевидения и других назначений, разработана технология опрочнения оптических волокон для оптоволо-

конной техники, созданы новые композиционные материалы с уникальными свойствами для покрытий медицинских инструментов, разработана технология получения порошков методом распыления и быстрой закалки.

Переход института на хозрасчет в 1988—1989 гг. и последующая конверсия оборонных отраслей народного хозяйства сопровождались резким сокращением расходов на науку. В 1991 г. произошло резкое сокращение НИОКР. Из-за отсутствия финансирования разорвались многие связи института с промышленными предприятиями и конструкторскими организациями. Сокращение финансирования и, как следствие, низкая зарплата сотрудников привели к оттоку специалистов в возрасте 25—35 лет, среди которых было немало способных и перспективных. Штаты института уменьшились вдвое. В значительной мере прекратился приток молодых специалистов, оканчивающих вузы, в состоянии упадка находится аспирантура института, ранее обеспечивавшая пополнение кадрами высшей квалификации как институт, так и другие организации Минатома.

Конверсия оборонных отраслей в наибольшей степени отразилась на материаловедческом-технологическом направлении института, которое в основном было связано с разработкой материалов и технологий производства изделий оборонной техники. В значительной мере она затронула также работы химико-технологического и аналитического направлений.

В создавшихся условиях дирекция института, руководители отделений и подразделений принимают энергичные меры для сохранения института как крупной научно-исследовательской организации, закрепления основных научных кадров и специалистов. Значительно расширился объем конверсионных работ. За последние годы разработаны материалы и трубопроводная аппаратура для молочной, пищевой и химической промышленности, разработан и новый сплав для основ жестких магнитных дисков, сплав для высокоэнергетических постоянных магнитов системы ниодим — железо — бор, новые типы фильтров и фильтровального оборудования, технология получения особо чистых редкоземельных материалов. Из-за отсутствия финансовых возможностей многие конверсионные разработки еще не используются в народном хозяйстве. В последнее время институт ориентируется на создание

собственных производственных участков на кредитной основе.

Одним из важных направлений деятельности института, которое должно способствовать его экономической стабилизации, является расширение международного научно-технического сотрудничества, в том числе на коммерческой основе, с государствами СНГ, США, Великобританией, Францией, Японией, Канадой, Кореей, Китаем, Индией и другими странами. Заключены контракты с Лос-Аламосской и Окриджской национальными лабораториями, фирмой «Мартин-Мариэтта» (США), с Комиссариатом по атомной энергии и фирмой «Кожема» (Франция), фирмой БИФЛ (Великобритания), Корейским институтом атомной

энергии, международным научно-техническим центром МАГАТЭ. Важно, что эти новые наукоемкие направления работ соответствуют основному профилю института.

Научная деятельность института за прошедшие 50 лет получила высокую оценку государства. Директора института удостоены звания Героя Социалистического Труда — академики А.А. Бочвар (дважды) и А.С. Никифоров.

Звание лауреатов Ленинской премии присвоено 26 сотрудникам, лауреатов Государственной премии — 108 сотрудникам, лауреатов премии Совета Министров СССР — 28 сотрудникам, премии им. В. Г. Хлопина АН СССР — шести сотрудникам.

Здесь были созданы РДС

Е. А. Негин, П. П. Максименко

В южной части Нижегородской области, на границе с Мордовией, а точнее вклинившись в нее, в междуречье Сарова и Сатис расположена обширная зона, огороженная более чем по 50-километровому периметру двумя рядами проволоки с контрольно-следовой полосой между ними. Фарфоровые изоляторы на опорах колючей изгороди, воинские заставы и контрольно-пропускные пункты убедительно свидетельствуют о надежной охране отчужденной территории. Охраняется, конечно, не сама территория, а расположенный на ней г. Саров, более известный до недавнего времени как г. Арзамас-16.

Саров — один из городов России, известный сразу в двух ипостасях: как святыня христианского мира, прославившийся широко извест-

ным богатым монастырем, действовавшим до 1927 г., богоугодными делами Серафима Саровского, и как пристанище первого в стране научно-конструкторского центра по разработке ядерных боеприпасов, закодированных как «Реактивные двигатели С» (сокращенно «РДС»). Из-за этого поселок Сарова перестал упоминаться с 1946 г. не только средствами массовой информации, но и в закрытой переписке, а позже и вообще исчез на долгие годы со всех выпускаемых топографических карт.

В январе 1946 г. расположенный здесь Механический завод № 550 Наркомата боеприпасов, изготавливавший корпуса артиллерийских снарядов, был облюбован как начальная промышленная база для ядерного предприятия.

Решающими факторами, предопределивши-



Город Саров

ми судьбу Сарова на многие предстоящие десятилетия, были: относительная близость к промышленно развитым центрам страны, и прежде всего к Москве, где работали Лаборатория № 2 АН СССР и отдельные институты, чьи силы предполагалось привлечь к становлению и развитию будущего «саровского комплекса», а также малонаселенность и скрытность местности, большую часть которой занимали девственные лесные массивы. Эти обстоятельства оказались определяющими в выборе именно этого завода в качестве основы ядерного центра, хотя никудышные транспортные магистрали (узкоколейная ветка до станции Шатки Горьковской ж/д и разбитые грунтовые автодороги), слабая энергетическая и жилищная базы были серьезной помехой для принятия этого решения.

Что же заставило советское руководство приступить к созданию ядерного оружия? Ответ на этот вопрос есть только один: наличие ядерного оружия у Соединенных Штатов Америки.

В сентябре 1941 г. от руководителя советской резидентуры в Лондоне А. Горского поступает первое сообщение «о начале британских работ по промышленному подходу к решению урановой проблемы».

В начале 1942 г. по тем же каналам в Государственный Комитет Оборона (ГОКО) поступает информация о работах, ведущихся по этой проблеме в Англии, США, Германии. Полученная информация, а также письмо от уполномоченного ГОКО по науке С. В. Кафтanova и академикa А. Ф. Иоффе, поддержавших предложение известного физика Г. Н. Флерова о необходимости создания научного центра по проблеме ядерного оружия, подтолкнуло руководство страны принять решение о возобновлении прерванных войной работ по исследованию возможности овладения внутриядерной энергией.

Одним из первых шагов в этом направлении было создание по распоряжению вице-президента АН СССР А. А. Байкова от 12 апреля 1943 г. Лаборатории № 2 АН СССР, переросшей со временем в Российский научный центр — «Курчатовский институт». Возглавил лабораторию И. В. Курчатов, на которого постановлением правительства от 11 февраля 1943 г. было возложено научное руководство всеми работами по использованию ядерной энергии.

Исторические события 1945 г., связанные с испытанием первого ядерного устройства в США и атомными бомбардировками японских городов Хиросима и Нагасаки, естественно, вынудили форсировать работы над советским Атомным проектом. Указание по этому поводу И. В. Курчатов получил непосредственно от И. В. Сталина. Произошло это после 24 июля 1945 г. в период работы Потсдамской конференции. Именно в этот день президент Г. Трумэн, получив информацию об успешном испытании ядерного устройства, проведенном под кодовым наименованием «Тринити» («Святая троица»), мимоходом сообщил Сталину, что Соединенные Штаты имеют «новое оружие необычайной разрушительной силы». «Непроницаемое лицо Сталина, — пишет американский историк Г. Херкен, — могло бы служить первым свидетельством встречной «атомной дипломатии». Американский историк был прав. Сталин был хорошо осведомлен о ходе работ над ядерным оружием, знал о готовящемся испытании в штате Нью-Мексико на авиационной базе Аламогордо, и не исключено, что и о его результатах, до сообщения Трумэна. Так что неожиданную для Трумэна реакцию Сталина можно рассматривать как свидетельство «атомной дипломатии». Тем не менее официальное уведомление побудило И. В. Сталина позвонить И. В. Курчатову и указать на необходимость всемерного ускорения работ. Взрыв в Аламогордо был для СССР выстрелом из пистолета, давшим старт широкому развертыванию работ над Атомным проектом.

Инфраструктура ядерной отрасли стала расширяться. 20 августа 1945 г. был создан Спецкомитет под председательством Л. П. Берии. Исполнительным органом Спецкомитета стало Первое главное управление при СНК СССР (ПГУ) во главе с Б. Л. Ванниковым, возглавлявшим до этого Наркомат боеприпасов. При ПГУ в 1946 г. был сформирован Научно-технический совет. Руководил советом Б. Л. Ванников, а его заместителями были И. В. Курчатов, М. Г. Первухин и А. П. Завенягин.

Стала остро ощущаться необходимость перехода от исследовательских работ по ядерной проблеме к проектно-конструкторским, связанным с проведением большого объема далеко не безопасных газодинамических взрывных экспериментов и физических опытов.

В Москве или в любом другом крупном про-

мышленном центре производить такие работы было недопустимо. Поэтому и встал вопрос о поиске подходящего места. Тут-то и пал выбор на оборонный Завод № 550, расположенный в пос. Сарова Темниковского района Мордовской АССР. 9 апреля 1946 г. вышло постановление Правительства о реорганизации сектора № 6 Лаборатории № 2 АН СССР в Конструкторское бюро № 11 при Лаборатории № 2 АН СССР по разработке и изготовлению образцов «реактивных двигателей». Начальником КБ-11 был назначен освобожденный от должности заместителя Министра транспортного машиностроения генерал-майор П. М. Зернов, а главным конструктором — профессор Ю. Б. Харитон.

Ядерная отрасль комплектовалась ведущими учеными и крупными организаторами производства страны. Одними из лучших представителей этой когорты были и несомненно остаются Юлий Борисович Харитон и Павел Михайлович Зернов. Ю. Б. Харитон, работая еще в 30-годы в Институте химической физики (ИХФ), уже сформировался как ведущий специалист в области физики горения и взрыва. С 1944 г. он привлекается к работам, проводимым Лабораторией № 2 над Атомным проектом. Но фактически к исследованиям в области ядерной физики Юлий Борисович приступил еще в 1937 г. В 1939—1941 гг. он совместно с академиком Я. Б. Зельдовичем занимался вопросами деления урана.

Делом жизни Ю. Б. Харитона стала разработка ядерных боеприпасов в КБ-11, ставшим теперь Российским Федеральным ядерным центром — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ — ВНИИЭФ), в котором Юлий Борисович работал с момента его создания сначала на посту главного конструктора, а затем научного руководителя и в должности Почетного научного руководителя (с 1992 г.). Трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и трех Государственных премий, обладатель многих правительственных наград и почетных званий, академик Российской Академии Наук являлся живой легендой отечественной науки и по праву Почетным гражданином Сарова.

П. М. Зернов, кандидат технических наук, специалист по двигателям внутреннего сгорания еще до появления в КБ-11 проявил свой

талант выдающегося организатора производства, особенно в годы Великой Отечественной войны, будучи заместителем министра, в ведении которого находилась танковая промышленность. С 1946 г. вся его жизнь была связана с ядерной промышленностью: не мог специалист по двигателям внутреннего сгорания не быть вовлеченным в сферу создания «Реактивных двигателей С». Назначение зам. министра Зернова на должность директора КБ следует рассматривать не как почетную отставку, а как проявление руководством государства особо высокого доверия к его профессиональным и организаторским способностям. Совершенно новое, непознанное дело можно было доверить далеко не каждому, пусть и квалифицированному, специалисту. Более четырех лет Павел Михайлович был директором первого научно-конструкторского центра по созданию ядерных боеприпасов, а образ его сохранился до сих пор в памяти ветеранов предприятия и живет в названиях одной из главных улиц города и парка.

Вышеупомянутым апрельским постановлением правительства были не только определены назначение КБ, его местонахождение и руководство, но и привлечен к работам по РДС в качестве предприятия-соисполнителя ИХФ. Этому институту поручались разработка теории ядерного взрыва, проведение расчетов, связанных с конструированием изделий, и определение необходимых констант.

21 июня 1946 г. Совет Министров принимает постановление «О плане развертывания работ Конструкторского Бюро № 11 при Лаборатории № 2 Академии Наук СССР».

По сравнению с первым, апрельским постановлением, оно носило развернутый характер, конкретизировало задания КБ-11, расширяло круг привлекаемых к работам организаций и предприятий, определяло финансирование, мероприятия по строительству и вводу производственных мощностей, укомплектованию кадрами, обеспечению охраны и режима объекта, выделению необходимых материалов, оборудования и т. д. В частности, июньское постановление предписывало разработку и испытание двух вариантов атомных бомб, принципиально отличавшихся как по используемым делящимся материалам, так и по конструкции ядерных зарядов.

В первом варианте, получившем наименова-

ние РДС-1, применялся ядерный заряд имплозивного типа с использованием в качестве делящегося материала плутония-239. Перевод плутония в критическое состояние, при котором достаточно хотя бы одного нейтрона, чтобы в нем началась цепная ядерная реакция, осуществлялся за счет всестороннего его сжатия сходящимся взрывом химического взрывчатого вещества (ВВ). Заряд ВВ имел форму шара и инициировался электродетонаторами по всей наружной сфере.

Во втором варианте бомбы, РДС-2, с ядерным зарядом пушечного типа переход в критическое состояние достигался сближением двух масс обогащенного урана-235, расположенных в противоположных концах артиллерийского ствола, путем выстрела. Поскольку вариант РДС-2 по ряду показателей уступал РДС-1, его разработка в середине 1948 г. была прекращена. Но за два года до принятия этого решения неперспективность конструкции РДС-2 еще не была очевидной, и поэтому постановлением предусматривалось проведение ядерных испытаний РДС-1 до января 1948 г., а РДС-2 — к июню того же года.

К работам над бомбами, наряду с Лабораторией № 2 и ИХФ, привлекались НИИ-6, НИИ-504, КБ-47 Министерства сельскохозяйственного машиностроения, КБ-88 Министерства вооружения и КБ ленинградского Кировского завода (Челябинск) Министерства транспортного машиностроения. Перед каждой организацией ставились определенные задачи, которые они должны были решать по заданиям КБ-11.

О том, как велись работы над атомными бомбами обоих типов, о подготовке и проведении полигонного испытания РДС-1 довольно подробно рассказывается в книгах «Советский атомный проект» и «Создание первой советской ядерной бомбы», изданных в 1995 г.

В связи с этим в данной статье вопросам создания первой ядерной бомбы уделяется минимум внимания.

Конструктивная схема ядерной бомбы РДС-1 базировалась на американском «Толстяке», сброшенном 9 августа на японский город Нагасаки. Отдельные секреты ядерного проекта США стали известны нашим ученым благодаря самоотверженной работе советской внешней разведки, добровольной передаче информации по «Манхэттенскому проекту» от-

дельными его участниками и, пожалуй, в первую очередь немецким физиком Клаусом Фулксом.

Безусловно, что сведения об американском ядерном проекте сыграли немаловажную, но не решающую роль в создании отечественного ядерного оружия. «Бомбу делали ученые и специалисты, а не разведка...» признает один из ее сотрудников А.А. Яцков.

Полученные данные дали советским ученым весьма важные ориентиры для научных исследований, позволили им миновать отдельные тупиковые направления в поиске технических решений, но не избавили от необходимости тщательного и скрупулезного прохождения всех этапов создания ядерного оружия, включающих в себя становление ядерной промышленности, главными звеньями которой были предприятия по наработке делящихся материалов, развитие теории ядерного взрыва, методологическое и аппаратурное обеспечение физических и газодинамических экспериментов, подготовку и проведение полигонных испытаний со всесторонним измерением как параметров ядерного взрыва, так и его поражающих факторов.

Разработчики нового оружия были нацелены на абсолютный успех полигонного опыта, и именно поэтому схема первой ядерной бомбы воспроизводила уже опробованную американцами. «Надо было убедительно и быстро, — считал Ю.Б. Харитон, — продемонстрировать в ходе первого эксперимента на атомном полигоне, что наша страна также обладает атомной бомбой».

Была и вторая немаловажная причина в особую тщательной подготовке первого опыта — это осознание того, что неудовлетворительный результат был бы для многих разработчиков равносильен суровому приговору. Самоотверженный и напряженный труд работников КБ-11, выдающихся математиков, физиков, химиков и многих других специалистов из привлеченных к проекту организаций увенчался успешным испытанием первого ядерного устройства, проведенным 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне. Результаты испытания несколько превосходили ожидаемые, но в официальных документах оценивались «как вполне удовлетворительные».

Парадоксальным представляется то, что о факте испытания ядерной бомбы советские прави-

тельство умолчало, продолжив тем самым «политику атомной дипломатии», начатую еще в Потсдаме. Эта «дипломатия» была вынужденной и являлась логическим продолжением заявления, сделанного министром иностранных дел СССР В.М. Молотовым в ноябре 1947 г. о том, что «секрета атомной бомбы для нас не существует». Поэтому в сообщении ТАСС от 25 сентября 1949 г., являвшемся откликом на газетную шумиху, поднятую за рубежом по поводу ядерного взрыва в России, давалось разъяснение этому заявлению, якобы означавшему, что «Советский Союз уже открыл секрет ядерного оружия и он имеет в своем распоряжении это оружие». Такой, откровенно говоря, не самый лучший ход советской дипломатии, по-видимому, был неудачной попыткой убедить мировое сообщество в наличии уже в 1947 г. ядерного оружия в СССР. Фактически это произошло в 1950 г. после изготовления в КБ-11 первых серийных образцов ядерной бомбы РДС-1.

В соответствии с постановлением Совета Министров от 29 октября 1949 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР большая группа специалистов КБ-11 была удостоена правительственных наград. Высшей награды — звания Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и Золотой медали «Серп и молот» были удостоены: В.И. Алфёров, Н.Л. Духов, Я.Б. Зельдович, П.М. Зернов, Ю.Б. Харитон, К.И. Щелкин и Г.Н. Флеров. Орденом Ленина были награждены: В.А. Александрович, И.В. Алексеев, Л.В. Альтшулер, Н.С. Барков, А.К. Бессарабенко, М.Я. Васильев, В.Ф. Гречишников, М.В. Дмитриев, В.И. Жучихин, Е.И. Забабахин, Е.К. Завойский, А.С. Козырев, В.С. Комельков, С.Б. Кормер, С.Г. Кочарянец, К.К. Крупников, Г.П. Крюков, Б.Н. Леденев, Г.П. Ломинский, А.Я. Мальский, С.Н. Матвеев, Н.А. Петров, М.И. Пузырев, Л.П. Спасский, Д.М. Тарасов, Н.А. Терлецкий, Д.А. Франк-Каменецкий, В.А. Цукерман, С.С. Чугунов. Ордена Трудового Красного Знамени были вручены: Н.В. Агееву, А.Я. Апинову, В.К. Боболеву, Н.Е. Бартоку, А.П. Герасимову, В.А. Далиденко, Н.А. Дмитриеву, А.Д. Захаренкову, А.М. Комарову, Л.А. Крылову, Н.Г. Маслову, В.М. Некруткину, А.Н. Протопопову, Н.А. Смирнову, Д.П. Ширшову. 29 из награжденных специалистов также удостоены высокого звания лауреата Сталинской премии.

Испытание РДС-1 ознаменовало не только рождение второй ядерной державы в мире, но и завершение периода становления коллектива КБ-11, состоящего из сильнейших теоретиков, экспериментаторов, конструкторов, технологов и высококвалифицированных рабочих, коллектива, готового к решению сложных научно-технических задач в интересах обороны.

Сотрудники КБ в подавляющем большинстве были молоды и увлечены своим делом. Непозволительным для себя они считали заканчивать рабочий день «по звонку» и трудились, зачастую, не только до позднего вечера, но и до глубокой ночи. Случалось, что не покидали производственную территорию по несколько суток подряд. Они были неплохо, по послевоенным меркам, обеспечены материально, но лишены многого из того, что скрашивает и обогащает повседневную жизнь человека. Оторванность от семей, культуры и искусства больших городов, невозможность выезда в отпуск и напряженная криминальная обстановка, являвшаяся следствием «оседания» в поселке большого количества освобожденных из заключения лиц, накладывали свой негативный отпечаток. Совместная работа, проживание в общежитиях способствовали спайке трудовых коллективов, налаживанию теплых дружеских отношений. Вот почему ветераны института и по истечении многих лет вспоминают об этом периоде как о лучших годах своей жизни.

В условиях империалистического окружения, обострения противостояния и ужесточения «холодной войны» интересы страны требовали создания более совершенного ядерного оружия, т.е. оружия, которое имело бы меньшие габаритно-массовые характеристики, было бы более экономичным по расходу делящихся материалов и эффективности их использования, обладало бы более высокими эксплуатационными качествами.

Заимствование для первой бомбы американской схемы «было самым быстрым и надежным способом показать, что у нас тоже есть ядерное оружие. Более эффективные конструкции, которые нам виделись, могли подождать». Эти слова принадлежат главному конструктору ядерных боеприпасов первого поколения — Ю.Б. Харитону и были высказаны им в 1992 г. Под этими «более эффективными конструкциями» подразумевались изделия, разрабатываемые параллельно с «единичкой».

Формальным основанием на проведение работ над ними стало постановление Совета Министров от 10 июня 1948 г. согласно которому КБ-11 наряду с РДС-1 и 2 поручалась разработка еще четырех конструкций, в том числе и изделия с «использованием ядерной энергии дейтерия, а также дейтерия в смесях с тритием», т. е. водородной, или по современной терминологии, термоядерной бомбы.

Не вдаваясь в технические подробности, отметим лишь отдельные направления, которые представлялись наиболее реальными в достижении высоких удельных характеристик ядерных зарядов.

В 1950 г. начальник теоретического отдела Я.Б. Зельдович и старший научный сотрудник этого же подразделения Е.И. Забабахин, будущие академики АН СССР, обосновали принципиальную возможность создания изделий с мощностью примерно в 100 раз большей, чем у РДС-1 за счет значительного увеличения расхода делящихся материалов.

В отличие от американских ядерщиков, испытывавших в ноябре 1952 г. (взрыв «Кинг») устройство, схожее по идеологии предлагаемому, наши сотрудники, проведя конструкторскую проработку изделия, не пошли на полигонные испытания. Предпочтение было отдано другим предложениям Я.Б. Зельдовича и Е.И. Забабахина, обоснованным ими совместно со старшим научным сотрудником Е.А.Негиным, суть которых заключалась в изменении конструкции центрального узла ядерного заряда и совместного использования плутония и урана-235. В 1955 г. Е. А. Негин назначается на должность заместителя научного руководителя и главного конструктора КБ-11. С 1959 по 1991 гг. он главный конструктор ВНИИЭФ. В 1974 г. Е. А. Негин избран в члены-корреспонденты, а в 1979 г. действительным членом АН СССР.

Существенному сокращению габаритных размеров ядерных зарядов способствовало также внедрение новой фокусирующей системы, обеспечивающей сферичность сходящейся детонационной волны в заряде из взрывчатого вещества, предложенной практически одновременно Е. И. Забабахиным и В. М. Некруткиным, который экспериментально доказал эффективность этой системы. Впервые новая фокусирующая система (ФС) была применена в изделии РДС-1М, в котором использовался

ядерный заряд от РДС-1 с измененной ФС. Модернизация позволила существенно сократить габаритные размеры бомбы и уменьшить ее массу, по сравнению с РДС-1, примерно на 30% при сохранении мощности. Результаты газодинамической отработки этого заряда свидетельствовали о возможности его сдачи на вооружение без полигонных испытаний.

В июне 1951 г. закончились государственные летные испытания изделия 501М с макетом ядерного заряда, подтвердившие надежность систем автоматики и завершившие ее отработку.

Научно-техническое руководство КБ-11 доложило начальнику ПГУ Б. Л. Ванникову о возможности и целесообразности перехода с января 1952 г. на изготовление РДС-1М вместо РДС-1. Однако ПГУ, зная о готовящихся испытаниях двух более совершенных конструкций, не спешило с принятием решения. Эти более совершенные изделия были, по сути дела, модификациями РДС-1М, отличавшиеся главным образом конструкцией центрального узла, обеспечивающего более эффективное использование расположенных в нем делящихся материалов. Обе модификации комплектовались одним и тем же центральным узлом и были абсолютно идентичны по внешнему виду. Отличие было только в делящихся материалах.

Изделию, в котором применялся плутоний, было дано обозначение РДС-2, т. е. то же, что и снятому с разработки пушечному варианту авиабомбы, а второму, с плутонием и ураном-235 — последующий номер РДС-3.

Сравнительные расчеты, к проведению которых привлекался академик Л. Д. Ландау от Института физических проблем, свидетельствовали о существенном увеличении эффективности РДС-2 и РДС-3 по сравнению с РДС-1 и возможности выполнения постановления правительства от 26 февраля 1950 г. о создании новой ядерной бомбы массой 3—3,2 т и мощностью от 20 до 25 тыс. т тротила.

Технические характеристики разработанной, но не испытанной авиабомбы РДС-1М уже соответствовали этим требованиям, и от РДС-2 и 3 ожидали, естественно, большего.

Испытание РДС-2 было произведено 24 сентября 1951 г. на Семипалатинском полигоне в условиях, близких к условиям, реализованным в 1949 г. Так же, как два года назад,

бомба была установлена на грузовой площадке металлической башни, на высоте 30 м. Опытное поле в радиусе 10 км было оснащено различной измерительной аппаратурой, предназначенной для изучения развития ядерного взрыва, измерения его параметров и поражающих факторов. Информация, полученная с более двух сотен приборов и трех тысяч индикаторов, характер разрушений инженерных и фортификационных сооружений, образцов вооружения и военной техники, исследования на подопытных животных должны были дать ответы на вопросы, интересующие разработчиков ядерного оружия и военных специалистов. Этот эксперимент преследовал и еще одну важную цель — провести генеральную репетицию перед готовящимся воздушным ядерным взрывом и получить ответ на вопрос: «А что будет с самолетом-носителем Ту-4 и его экипажем после подрыва атомной бомбы?» Понять это можно было только в случае создания условий, имитирующих воздействие воздушной ударной волны на самолет, находящийся на расстоянии, проделанном им за время, прошедшее от сброса ядерной бомбы над центром опытного поля до догона его ударной волной.

По расчетам, учитывающим высоту и скорость полета, время спуска бомбы, сброшенной на парашюте, ударная волна должна была достичь самолет в 20 км от эпицентра. Обеспечение этих условий было достигнуто путем включения автомата пуска, запускающего аппаратуру авиабомбы и опытного поля по радиосигналу с самолета в момент его прохождения над башней.

Выполнение этой операции было возложено на два экипажа. Командиром одного из них был подполковник К.И. Уржунцев, а второго — капитан К.И. Усачев. Оба экипажа прошли специальную подготовку на полигоне ВВС под Керчью. Заключительным этапом подготовки самолетов и экипажей к штатному бомбометанию явились государственные испытания, проведенные в мае-июне 1951 г., включающие в себя и пролет самолетов на различных высотах над местом и в момент подрыва 5 т гексогена. Эти испытания проводились с целью определения зависимости параметров ударной волны от удаленности от центра взрыва. По старшинству честь выдачи радиосигнала на подрыв РДС-2 выпала на долю подполковника. Вылет самолета с аэродро-

ма Жана-Семей, расположенного под Семипалатинском, из-за неблагоприятных метеоусловий вместо 4 ч 11 мин местного времени состоялся на 3 ч позже.

Одним из обязательных условий проведения опыта была прямая видимость цели. Но она не была видна ни при одном из шести сделанных заходов. Из-за сложных метеорологических условий и перерасхода горючего выполнение задания экипажем Уржунцева было отменено. Приказание о подготовке к вылету получил Усачев. Взлет самолета был произведен в 14 ч 16 мин. В связи с тем, что при подходе к цели обнаружилось, что она не закрыта облаками, было принято решение о выполнении задания без холостого захода.

В 16 ч 17 мин был подан радиосигнал на подрыв изделия, а через 2 мин местность озарилась вспышкой второго ядерного взрыва, произведенного в Советском Союзе. Ударная волна, настигшая самолет в 22 км от эпицентра взрыва, сильно встряхнула его, но не привела к затруднению в управлении и повреждениям. Экспериментально была подтверждена возможность бомбометания ядерных бомб с самолета-носителя Ту-4. Главные задачи опыта — подтверждение работоспособности новой ядерной бомбы, определение мощности ядерного взрыва и его поражающих факторов также были успешно решены. Мощность взрыва более чем в 2 раза превысила мощность РДС-1.

На очереди было испытание еще одной новинки — авиабомбы РДС-3, отличающейся от РДС-2, как уже говорилось, применением двух делящихся материалов — плутония и урана-235. В ночь с 17 на 18 октября 1951 г. в сооружении, расположенном на Семипалатинском аэродроме, в присутствии руководителя испытаний И. В. Курчатова были завершены сборка и снаряжение ядерной бомбы электродетонаторами, а затем и ее подвеска в бомболуке самолета Ту-4. Руководил подготовкой изделия к испытаниям главный конструктор КБ-11 Ю.Б. Харитон. В 5 ч утра руководитель испытаний выехал на объединенный командный пункт (ОКП), расположенный в 23 км севернее центра поля, для руководства дальнейшими работами. ОКП был связан с помещением, в котором находился автомат, управляющий приборами поля, громкоговорящим телефоном и дублирующими телефонными линиями.

В 10 ч самолет, пилотируемый К.И. Уржун-

цевым, с бомбой на борту поднялся в воздух. К моменту подхода самолета к цели облачность рассеялась, и она была хорошо видна. Командир самолета, сделав один холостой заход и получив разрешение на сброс изделия, вышел на боевой курс и в 12 ч 52 мин и 38 с произвел бомбометание с использованием для наведения на цель оптического прицела. При отсутствии прямой видимости пришлось воспользоваться радиолокационным прицелом. Первый воздушный ядерный взрыв мощностью более 40 кт стал заключительным аккордом в решении правительственного задания на создание авиационной бомбы массой 3—3,2 т и мощностью 20—25 кг. При этом одно из главных требований — по значению мощности — было с лихвой перевыполнено.

1951 г. характерен для КБ-11 не только созданием двух новых ядерных бомб оригинальной собственной конструкции, но и успешной сдачей экзамена на «зрелость», так как прошел год как КБ стало самостоятельным научно-исследовательским и одновременно, в связи с выпуском серийной продукции, производственно-промышленным предприятием. Как свидетельствуют архивные документы, отделение КБ-11 от Лаборатории № 2 было произведено во исполнение распоряжения Совета Министров от 6 июня 1950 и приказа ПГУ от 9 июня того же года. 2 августа 1950 г. начальник объекта подписал акт комиссии по передаче КБ-11 «со всеми входящими в его состав подразделениями из ведения Лаборатории № 2 Академии Наук СССР в ведение Первого Главного Управления при Совете Министров СССР». В состав комиссии входили И.В. Курчатов и П.М. Зернов, а возглавлял ее Н.И. Павлов. Этот акт, хотя и не имеет пометок об утверждении начальником ПГУ Б.Л. Ванниковым, интересен тем, что дает наглядное представление о структуре объекта и функциональном предназначении входящих в него подразделений.

По-крупному в КБ входили: научно-исследовательский сектор; научно-конструкторский сектор; два опытных и серийный заводы; управление капитального строительства; службы энергетического, материально-технического, жилищно-бытового, социального и культурно-общественного.

Научно-исследовательский сектор, в который входили девять научно-экспериментальных ла-

бораторий, два теоретических и конструкторский отделы, научно-экспериментальный полигон и некоторые другие подразделения, возглавлял первый заместитель главного конструктора К.И. Шелкин — видный ученый, член-корр. АН СССР, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и четырех Государственных премий.

В научно-конструкторский сектор входили: четыре конструкторских отдела, три конструкторских группы, расчетно-методическая группа, пять лабораторий, испытательная станция, опытно-конструкторский отдел с мастерскими. Начальником этого сектора был Н. Л. Духов, член-корр. АН СССР, генерал-лейтенант инженерно-технической службы, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и пяти Государственных премий.

Опытный завод № 1 изготавливал узлы, детали, приборы и аппаратуру для ядерных боеприпасов, а также нестандартное оборудование. Директор завода А.К. Бессарабенко был награжден двумя орденами Ленина и дважды удостоен высокого звания лауреата Государственной премии. Главным инженером завода был Н. А. Петров, который проработал во ВНИИЭФ с 1946 по 1989 г., и был удостоен за большой вклад в создание ядерного оружия звания Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий, награжден тремя орденами Ленина.

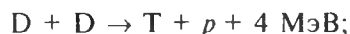
Опытный завод № 2 специализировался на изготовлении деталей из ВВ и узлов, содержащих взрывчатые вещества. Возглавлял завод А. Я. Мальский, вклад которого в создание первых образцов ЯБП отмечен орденом Ленина и присвоением звания лауреата Государственной премии.

Завод № 3, входивший в состав КБ-11 и предназначенный для серийного выпуска ядерных боеприпасов, находился в 1950 г. в стадии строительства и комплектования кадрами.

Интерес представляет информация о численности и квалификации научно-технических работников, содержащаяся в «Справке о движении рабочих, ИТР и служащих по объекту, где начальником П.М. Зернов, по состоянию на 1 июня 1950 г.» Оказывается, в то время в научно-конструкторском и научно-исследовательском секторах КБ уже работало 722 сотрудника, в том числе 249 дипломированных инженеров и 97 дипломированных техников.

Среди специалистов было 5 чл.-корр. АН СССР (Н. В. Агеев, Н. Н. Боголюбов, Я. Б. Зельдович, Ю. Б. Харитон, И. Е. Тамм), 7 докторов наук (А. Ф. Беляев, С. З. Беленький, Л. А. Галин, Е. К. Завойский, Г. Н. Флеров, Д. А. Франк-Каменецкий, К. И. Шелкин)* и 31 кандидат наук. Высокая концентрация научной мысли, свойственная академическим институтам, должна была способствовать скорейшему решению задачи по резкому повышению удельной мощности ядерных боеприпасов за счет использования энергии термоядерных реакций. И если пути повышения удельной мощности изделий, основанные на использовании энергии деления ядер, были в основном известны, то как заставить «работать» термояд оставалось пока тайной. Тайну надо было непременно раскрыть и неплохо бы раньше американских атомщиков, уже занимающихся этой проблемой.

Приоритет использования «термояда» принадлежит известному физика Э. Теллеру. Родился он в Венгрии и прошел хорошую школу в обществе выдающихся физиков, в числе которых был В. Гейзенберг и М. Борн. С 1935 г. Э. Теллер работал в США, а в 1941 г. был приглашен в Лос-Аламосскую лабораторию. Именно здесь летом 1942 г. на совещании физиков-теоретиков, созванном Р. Оппенгеймером, Теллер высказал мысль о возможности воспроизведения в «супербомбе» процесса слияния атомов изотопов водорода, сопровождающегося выделением колоссального количества энергии, т. е. процесса, протекающего на Солнце по схемам:



Высокие значения температуры и давления, необходимые для осуществления этих реакций, предполагалось получить за счет энергии ядерного взрыва.

Замысел был предельно прост. Оставалось только найти способ его реализации. К поиску этих способов наши специалисты приступили, как это явствует из протокола заседания Технического совета Спецкомитета при СНК СССР от 17 декабря 1945 г. На заседании Технического совета с докладом «О возможности

возбуждения реакций в легких ядрах» выступил Я. Б. Зельдович. Авторами доклада наряду с Я. Б. Зельдовичем были И. И. Гуревич, И. Я. Померанчук и Ю. Б. Харитон. В докладе обосновывалась возможность использования «для взрывных целей» реакций синтеза в чистом дейтерии и отмечалось, что наиболее трудным является вопрос инициирования.

Для возбуждения термоядерной реакции и ее поддержания нужна была температура в несколько десятков миллионов градусов, что было достижимо только при использовании взрыва ядерной бомбы, которой в то время еще не существовало.

В архивах ВНИИЭФ сохранился интереснейший документ, относящийся к началу 1950 г. и проливающий свет на историю создания водородной бомбы. Этот документ — не что иное, как черновик рукописного отчета, адресованного Л. П. Берии, о состоянии работ по ядерному оружию. В написании отдельных разделов отчета участвовал ряд авторов, в том числе Л. Д. Ландау, И. Е. Тамм, Я. Б. Зельдович и Ю. Б. Харитон, рукой которого произведена коррективная всех материалов.

Из отчета следует, что разработка первой в стране термоядерной бомбы, получившей обозначение РДС-6, осуществлялась на основании двух правительственных постановлений от 10 июня 1948 г. Постановления обязывали:

КБ-11 и Физический институт АН произвести до 1 июня 1949 г. проверку данных о возможности осуществления конструкции РДС-6 на использовании чистого дейтерия и его смеси с тритием;

создать в ФИАН группу под руководством И. Е. Тамма и С. З. Беленького с участием академика В. А. Фока для разработки теории горения дейтерия;

организовать в КБ-11 специальную конструкторскую группу в составе 10 научных работников и 10 конструкторов.

Постановления были выполнены.

В ФИАН была организована группа в составе члена-корреспондента АН И. Е. Тамма, докторов физ.-мат. наук С. З. Беленького и В. Л. Гинзбурга, канд. физ.-мат. наук А. Д. Сахарова и научного сотрудника Ю. А. Романова, ныне доктор физ.-мат. наук, профессор, первый заместитель научного руководителя ВНИИЭФ и начальник теоретического отделения.

* И. Е. Тамм, С. З. Беленький входили в специальную группу ФИ АН СССР. — Примеч. редакции

В КБ-11 также была создана группа, но не из 20, как предписывалось постановлением, а из 13 сотрудников, в которую вошли Ю. Б. Харитон, Д. А. Франк-Каменецкий, Л. В. Альтшулер, В. А. Цукерман, А. С. Козырев, Е. И. Забабахин, В. А. Давиденко, А. И. Абрамов и др. Первым делом группа И. Е. Тамма проверила и подтвердила расчеты, проведенные до июня 1948 г. в ИХФ Я. Б. Зельдовичем, А. С. Компанейцем и С. П. Дьяковым по детонации жидкого дейтерия, и довольно скоро выдвинула весьма многообещающее предложение, авторство которого принадлежит А. Д. Сахарову. «Может показаться невероятным,— пишет Ю. А. Романов,— но уже через пару месяцев Андреем Дмитриевичем были высказаны основополагающие идеи, определившие дальнейшее развитие всей проблемы... Сахаров предложил... гетерогенную конструкцию из чередующихся слоев легкого вещества... и тяжелого, названную им «слоистой».

Согласно уже упомянутому отчету, автором идеи об использовании химических соединений дейтерия и трития является В. Л. Гинзбург, который предложил заменить тяжелую воду на дейтерид лития-6. Это был исключительно важный момент на пути к созданию не термоядерного устройства, а конструкции водородной бомбы.

Применение дейтеридов ${}^6\text{Li}$ обеспечивало протекание реакции ${}^6\text{Li} + n \rightarrow {}^4\text{He} + \text{T} + 4,8 \text{ МэВ}$, при которой образовывался тритий, значительно повышающий энерговыделение термоядерных процессов, и позволило отказаться от жидких компонентов.

Создание нового оружия требовало математического моделирования процессов термоядерного горения, разработки методов расчета газодинамических, тепловых и других физических явлений, протекающих в реальных конструкциях, проведения физических экспериментов по изучению кинетики нейтронных процессов в «слоистых» конструкциях. Требовалась замена механических счетных машин типа «Феликс» и «Мерседес» на более совершенную вычислительную технику. И, конечно, нужны были специалисты самого широкого профиля. Все эти вопросы были обсуждены на совещании, состоявшемся в КБ-11 12 мая 1950 г., с участием И. В. Курчатова, Н. И. Павлова, А. П. Александрова, П. М. Зернова, Ю. Б. Харитона, К. И. Щелкина, М. Г. Мешерякова,

Я. Б. Зельдовича, И. Е. Тамма, А. Д. Сахарова и Н. Н. Боголюбова.

Главным итогом совещания был выбор «слоистой», предложенной группой И. Е. Тамма, как приоритетного направления. Для усиления этой группы было предложено ПГУ рассмотреть вопрос о пополнении КБ-11 высококвалифицированными специалистами из академических институтов страны (Математики АН СССР и АН УССР, Геофизики, а также Военно-геодезического управления Министерства обороны) и математиками из числа выпускников Московского и Ленинградского университетов.

Несколько позже, в июне того же 1950 г., П. М. Зернов, Ю. Б. Харитон и К. И. Щелкин подготовили в адрес Л. П. Берии письмо о резком возрастании потребности в математических вычислениях, исключительно высоких требованиях к теоретическим расчетам, необходимости устранения отставания нашей страны в области «машинной математики» от США (где уже имелось 8 вычислительных машин), Англии, Западной Германии и Швеции, где строилось по одной такой машине. Нам же пока приходилось по-прежнему довольствоваться «Феликсами» и «Мерседесами», на которых и было выполнено подавляющее число расчетов по «слоистой». Заключительные расчеты по ней были произведены на первой отечественной ЭВМ «Стрела» под руководством известных математиков К. А. Семендяева и А. Н. Тихонова.

В сентябре 1950 г. Сахаровым были подготовлены «Технические условия на проектирование РДС-6», определившие исходные данные на разработку в габарите РДС-1 двух вариантов изделия. С этого момента началась интенсивная работа над «слоистой». Физические эксперименты проводились в КБ-11 (Ю. А. Зысин, А. И. Павловский), в ФИАНе (И. М. Франк, И. Я. Барит) и в Гидротехнической лаборатории (В. А. Давиденко, И. С. Погребов), расположенной в Дубне, а разработка конструкции РДС-6, полная газодинамическая и технологическая отработка — непосредственно в КБ-11.

На преодоление пути от испытания ядерной бомбы до создания и опыта с первым термоядерным устройством «Майк» массой 65 т с жидким дейтерием и громоздкой криогенной техникой американцам понадобилось более 7 лет.

Советские специалисты прошли дистанцию от ядерной до прообраза «настоящей» водородной бомбы, именно бомбы, носимой стратегическим бомбардировщиком Ту-4, за 4 года.

12 августа 1953 г. на Семипалатинском полигоне прогремел 400-килотонный взрыв первой, пусть еще и не совершенной, но водородной бомбы. Несовершенство ее заключалось в физической схеме, не обеспечивающей высокой степени «выгорания» термоядерного топлива, вследствие чего большая часть энергии взрыва выделялась за счет реакций деления, а не синтеза.

В 1953 г. в отчете по испытаниям РДС-6, подписанном Курчатовым, Таммом, Харитоновым, Щелкиным, Сахаровым и другими учеными, взрыв РДС-6 расценивался как успешное испытание «советской водородной бомбы». В 1955 г., когда наряду с многослойным зарядом была испытана истинно водородная бомба, произошло переосмысление значимости многослойных систем, явившихся лишь одним из направлений поиска путей к созданию термоядерного оружия.

По утверждению авторов, концепция бомбы РДС-6, называемой американцами «Джо-4», была уже известна их конструкторам. Если это было действительно так, то тогда не совсем логичным представляется проведение ими в 1952 г. взрыва «Кинг», неэкономичного, а следовательно, и неперспективного устройства на уране-235 мощностью 500 кт. Так что приоритет в испытании оружия с использованием термоядерных реакций принадлежит все-таки России. Важен сам факт испытания в августе 1953 г. экономичной, за счет реакций синтеза, авиационной бомбы мощностью примерно в 20 раз большей, чем у РДС-1. Взрыв производили на стальной башне, установленной в центре опытного поля на высоте 30 м от поверхности Земли. Окончательная сборка и снаряжение изделия производились в здании, расположенном в 50 м от башни.

Вокруг опытного поля простиралась запретная зона радиусом 45—60 км и общей площадью 10 400 км², из которой были заблаговременно эвакуированы немногочисленные жители. В связи с вероятностью заражения отдельных населенных пунктов, расположенных за пределами запретной зоны, радиоактивными продуктами взрыва, планом предусматривалось проведение испытания только при метеорологических условиях, исключающих движение облака взрыва в направлении этих пунктов. Всего из зоны отселения, глубина которой достигала 120 км, за 7 дней до испытания было эвакуировано 2250 чел и 44 068 голов скота. Была определена и так называемая зона «селения» глубиной до 250 км, которую в случае грозящей опасности радиоактивного заражения надлежало покинуть примерно 13 тыс. чел. Эти люди были сведены в 9 групп, за каждой из которых был закреплен автотранспорт, обеспечивающий возможность вывоза людей за один рейс. К счастью, прибегнуть к этому не пришлось.

Для решения задач, поставленных перед экспериментом, на поле, где в свое время испытывалась первая ядерная бомба, было вновь построено или восстановлено: 16 промышленных и гражданских объектов; 66 различных фортификационных сооружений; 70 испытательных стендов и различных конструктивных элементов. Одновременно с этим, для обеспечения измерения параметров взрыва и его поражающих факторов, было подготовлено: 1300 измерительных, регистрирующих и кино съемочных приборов; 1700 различных индикаторов; 16 самолетов; 7 танков; 17 орудий и минометов; 270 крупных животных (овец, собак); 800 белых крыс.

Приборные сооружения, в которых располагались аппаратура и средства измерения, находились по северо-восточному и юго-восточному радиусам на дистанциях от 15 до 10 000 м от башни. Запуск всей аппаратуры, установленной в приборных сооружениях и непосредственно на поле, производился автоматически из командного пункта, расположенного в прочном железобетонном укрытии, засыпанном толстым слоем земли и щебня, в 10 км от центра поля. Руководил испытаниями И.В. Курчатов. «В 6 часов 12 августа 1953 г., — пишет один из разработчиков ядерного оружия первого поколения В.С. Комельков, — Курчатов уже был на наблюдательном пункте и вел переговоры с пунктом управления. Наблюдатели и представители разных служб расположились на небольшой площадке вне здания.

Опять важнейшими были донесения об эвакуации жителей. Еще раз уточняются метеоданные. Наконец, команда: «Доложите готовность». Игорь Васильевич выслушал доклады и разрешил включить программу. И вновь «Ми-

нус тридцать минут... минус двадцать минут... десять... пять... три... одна». Мы уже на площадке.

Интенсивность света была такой, что пришлось надеть темные очки. Земля содрогнулась под ногами, а в лицо ударил тугой, крепкий, как удар хлыста, звук раскатистого взрыва. От толчка ударной волны трудно было устоять на ногах. Облако пыли поднялось на высоту до 8 км. Вершина ядерного гриба достигла уровня 12 км, а диаметр пыли облачного столба приблизительно 6 км. Для тех, кто наблюдал взрыв с западной стороны, день сменился ночью. В воздух поднялись тысячи тонн пыли. Громада медленно уходила за горизонт».

А вот как описывают событие, происшедшее в 4 часа 30 минут (время московское) 12 августа 1953 г., авторы «Предварительного отчета по испытаниям изделия РДС-6» Курчатов, Шелкин, Тамм, Сахаров, Лаврищев, Зельдович, Духов, Забабахин, Садовский, Боляtko, Блохинцев, Боголюбов и Келдыш:

«На месте взрыва образовался ослепительный купол пламени, достигший в плоскости горизонта 1000 м, а затем характерное для ядерного взрыва грибообразное облако дыма и пыли. Бросались в глаза несравненно большие размеры огненного полушария и грибообразного облака по сравнению с испытаниями 1951 г. Огненный шар больших размеров с продолжительным свечением наблюдался в жилом поселке полигона, в 60 км, и в Семипалатинске, за 170 км от взрыва».

Результаты испытаний были более чем удовлетворительными. Энерговыведение взрыва было «весьма близко к расчетному значению», и, по мнению военных специалистов, изложенном в одном из отчетов, убедительно свидетельствовали о том, что изделие РДС-6 представляет собой исключительно мощное оружие.

По воспоминаниям А.П. Александрова, этот взрыв произвел на И.В. Курчатова тягостное впечатление. «Когда Игорь Васильевич вернулся после этих испытаний в Москву, — пишет Александров, — я поразился каким-то его совершенно непривычным видом. Я спросил, что с ним, он ответил: «Анатолиус! Это было такое чудовищное зрелище! Нельзя допустить, чтобы это оружие начали применять».

В 1954 г. на Керченском полигоне ВВС были проведены Государственные зачетные ис-

пытания изделия РДС-6, подтвердившие надежную работу всех систем бомбы и возможность передачи конструкторской документации в серийное производство. Однако этого сделано не было, так как появились новые перспективные идеи, реализация которых позволяла привести к созданию подлинно термоядерного оружия.

1953 г. ознаменовался еще одним важным событием в жизни коллектива КБ-11 — успешным испытанием ядерной бомбы РДС-4, предназначенной для вооружения тактических бомбардировщиков и кем-то нареченной за свои миниатюрные размеры, конструкторскую изящность и наличие в чертежных обозначениях буквы «Т» — «Татьяной». Повторяя принципиальную физическую схему ядерного заряда, входящего в ранее разработанные авиабомбы РДС-3, заряд взрывчатого вещества «Татьяны» был значительно меньше, что позволило сократить массу авиабомбы на 2 т.

Первое полигонное испытание РДС-4 было произведено на Семипалатинском полигоне 23 августа 1953 г. путем прицельного сбрасывания с реактивного бомбардировщика Ил-28, летящего на высоте 11 000 м.

Разработка 30-килотонной малогабаритной ядерной бомбы стала важным этапом в создании тактического ядерного оружия. Это была первая авиабомба, переданная на вооружение и эксплуатируемая в войсках.

В последующие годы «Татьяна» еще дважды подвергалась полигонным испытаниям. Первый раз с целью подтверждения допустимости усовершенствований, а второй — для исследования вопросов взрывобезопасности при аварийных ситуациях. Этот вопрос был и остается одним из главных для разработчиков ядерного оружия.

Упомянув об испытании тактической ядерной бомбы, мы вновь возвратимся к событиям, связанным с созданием термоядерного оружия. Одним из отчетов А.Д. Сахарова, датированным началом февраля 1958 г., «проливается свет» на решение этой проблемы. Прежде всего привлекает внимание его утверждение о том, что до 1955 г. «мы не имели водородной бомбы более экономичной, чем обычные ядерные бомбы», подтверждающее высказанное авторами этой статьи мнение о неправомочности причисления РДС-6 к водородному оружию.

По словам Сахарова, с 1954 г. «подпольным образом», а с 1955 г. по распоряжению Совета Министров в КБ-11 была развернута «большая работа» по водородным бомбам на новых принципах обжатия. Идея этого принципа, как пишет Ю. А. Романов, родилась ранней весной 1954 г. в обсуждениях с Я.Б. Зельдовичем, но была выдвинута Уламом и Теллером в 1951 г. Этому не следует удивляться, поскольку «научные исследования имеют свою внутреннюю логику развития, и при такой концентрации усилий лучших умов в обеих странах ход разработок не мог не идти более или менее параллельно».

Через полтора года после рождения основополагающих идей по новой бомбе были решены все научные и технические вопросы, разработаны и изготовлены опытный образец термоядерной бомбы второго поколения.

Ранжировка ядерного оружия по поколениям имеет весьма условный характер. Даже такие корифеи как академики Ю. Б. Харитон и Ю. А. Трутнев (первый заместитель научного руководителя ВНИИЭФ и начальник одного из двух теоретических отделений) относят первую «настоящую» водородную бомбу к разным поколениям. Харитон называет ее, «воплощенной реальностью «третьей идеи», а Трутнев — «вторым технологическим прорывом».

Отнеся РДС-6 к первому поколению термоядерного оружия, соображения Ю. А. Трутнева представляются нам более правомочными.

В ноябре 1955 г. авиационная бомба с термоядерным зарядом мегатонного класса была доставлена на Семипалатинский полигон.

По утвержденному руководством оперативному плану испытания принципиально нового изделия были намечены на 20 ноября. К этому времени была завершена подготовка самолета-носителя Ту-16, выразившаяся в проведении мероприятий по дополнительной защите его от теплового воздействия ядерного взрыва.

В 6 ч 45 мин бомба массой около 6 т, оснащенная специально разработанной парашютной системой, предназначенной для увеличения времени падения до высоты подрыва, была принята от КБ-11 для подвески на самолет. В 9 ч 30 мин самолет поднялся в воздух и направился в сторону цели. При подходе к ней произошло непредвиденное — отказал радиолокационный бомбардировочный прицел. Отказ прицела и к тому же отсутствие визуальной видимо-

сти цели не позволили экипажу произвести бомбометание, и самолет возвратился назад. Повторный вылет его, после устранения повреждения в прицеле, был произведен через два дня, 22 ноября. Прицельное сбрасывание произошло при отсутствии визуальной видимости цели с использованием радиолокационного и оптического прицелов с высоты 12 000 м. По донесению экипажа, свет от вспышки взрыва был ярче солнца, а «воздействие светового излучения на открытые части тела в кабине штурмана-бомбардира было сильнее, чем в самую жаркую солнечную погоду».

Успешным испытанием водородной бомбы завершился этап разработки основ термоядерного оружия, открывающий возможность проектирования изделий различных габаритных размеров и мощности с высокими экономическими показателями. Определяющий вклад в выдающееся достижение был сделан А. Д. Сахаровым, Я.Б. Зельдовичем, Ю.Б. Харитоновым, Д.А. Франк-Каменецким, Ю. А. Романовым, Ю. А. Трутневым, Ю. Н. Бабаевым, В. Б. Адамским, Н.А. Дмитриевым, Е.И. Забабахиным, Е.М. Рабиновичем, Л. П. Феоктистовым, Б. Н. Козловым и др.

Разработка изделий на новом принципе оказалась более сложной в научном смысле, чем это представлялось после взрыва 22 ноября 1955 г. Наглядным подтверждением тому является обнаруженное при анализе результатов этого опыта уменьшение, по отношению к расчетному значению, длительности одной из фаз работы термоядерного заряда на 1 миллионную долю секунды. В 1955 г. Ю.Б. Харитон докладывал об этом с волнением, которое, на первый взгляд, могло бы казаться преувеличенным. Однако в 1956—1957 гг. последовала серия неудачных и «полуудачных» испытаний, причина которых была связана с эффектом одной миллионной.

1958 г. можно считать годом рождения термоядерных зарядов третьего поколения. Именно в этом году получила экспериментальное подтверждение идея, предложенная Ю.Н. Бабаевым и Ю.А. Трутневым, позволившая существенно повысить удельные характеристики мощности разрабатываемых изделий, сократить их габаритно-массовые характеристики и решить задачу создания термоядерных боеприпасов для стратегических и тактических ракетных комплексов.

Ядерный щит страны становился объективной реальностью.

Кульминационным моментом продолжающейся «ядерной дипломатии» стал 50-мегатонный взрыв, произведенный на Новоземельском полигоне 30 октября 1961 г.

Бомба, весившая более 20 т и мощностью около 100 млн. т тротила при полной ее загрузке активными материалами, военного значения не имела. Для ее доставки к цели не было даже штатного самолета-носителя. Доработанный бомболюк самолета Ту-95, с которого было произведено сбрасывание на полигоне, не вмещал полностью бомбу, и она более чем на половину выходила из него.

Нельзя не согласиться с двумя разработчиками этой сверхмощной бомбы, В.Б. Адамским и Ю.Н. Смирновым, что «это был акт разовой силовой демонстрации, сопутствующей конкретным обстоятельствам политической кухни, «большой игре» на устрашение между сверхдержавами».

Многие из причастных к этому акту были отмечены высокими правительственными наградами. Звания Героя Советского Союза и присвоения внеочередного воинского звания подполковник был удостоен командир экипажа Ту-95 А.Е. Дурновцев. Не были забыты и обделены наградами многие сотрудники КБ-11.

Шли годы, расширялась научно-исследовательская и производственная база КБ, росло количество заданий на проектирование ядерных боеприпасов. Наряду с авиабомбами здесь впервые были разработаны ядерные боеприпасы для комплексов вооружения Военно-морского флота, Военно-воздушных сил, войск противовоздушной обороны страны, артиллерийских систем и, конечно, для различных типов ракет. Большая заслуга в создании первых ядерных артиллерийских снарядов принадлежит академику М. А. Лаврентьеву, который работал в КБ-11 с 1953 по 1955 гг.

В 1959 г. на вооружение были приняты первые стратегические ракеты среднего радиуса действия с ядерными боеголовками, а уже в 1962 г. на боевое дежурство были поставлены межконтинентальные баллистические ракеты (МБР), разработанные конструкторским бюро С.П. Королева.

В конце 60-х Советский Союз достиг паритета с США по МБР, а затем и превзошел

Америку не только по количеству ракет, но и по количеству боеголовок.

«В период с 1979 по 1984 гг. мощь советских стратегических наступательных сил значительно возросла, основным фактором при этом явилось оснащение всех ракет четвертого поколения боеголовками индивидуального наведения. В последнее время на вооружение РВСН поступили два новых типа мобильных МБР: твердотопливная моноблочная СС-25 и СС-24, оснащенная 10 боеголовками индивидуального наведения. С развертыванием этих ракет пятого поколения начался процесс перехода от ракет шахтного базирования к мобильным — событие не менее важное, чем оснащение ракет боеголовками индивидуального наведения».

Неоценима роль ВНИИЭФ в достижении ракетно-ядерного паритета, в укреплении могущества державы. Наша память хранит имена тех, кто немало сделал для этого. Среди многих выдающихся деятелей науки и техники особо хотелось бы отметить дважды Героя Социалистического Труда, доктора техн. наук, профессора Самвела Григорьевича Кочарянца, главного конструктора ВНИИЭФ по разработке ядерных боеприпасов с 1959 по 1990 гг.

Наряду с расширением тематики происходило постоянное усложнение разрабатываемых конструкций. Причин к этому было несколько. Основные же из них это: повышение степени «выгорания» ядерного и термоядерного топлива, прочности к траекторным и тепловым нагрузкам, сокращение габаритно-массовых характеристик, улучшение эксплуатационных качеств. Понятно, что методы проектирования артиллерийских снарядов, подвергающихся при выстреле перегрузкам в сотни единиц, весьма отличны от подходов к созданию авиабомб, рассчитанных на порядок меньшие нагрузки. Естественно, что термоядерные реакции, «впервые внесшие свой вклад» в энерговыделение взрыва РДС-6 в 1953 г., смогли «заработать» с полной отдачей с 1957 г. только после конструкторской реализации сложных физических схемных решений. Успехи в создании ядерных боеприпасов, по свидетельству разработчика ряда зарядов бывшего министра МАЭ В.Н. Михайлова, привели к тому, что в 1966 г. «...мы сделали оружие на мировом уровне». В условиях ядерного противостояния такое положение дел не могло не вызывать

тревоги или, по крайней мере, озабоченности у американской стороны в отношении ядерной уязвимости государства.

Аналогичные проблемы беспокоили и политическое руководство нашей страны. Выходом из создавшегося положения стали обоюдные устремления к нахождению средств защиты, т. е. созданию противоракетной обороны, и одновременно боеприпасов, стойких к поражающим факторам ядерного взрыва.

ВНИИЭФ стал законопериодиком развития этих направлений, охватывающих неизмеримо широкие сферы научно-технической деятельности. Новые задачи требовали нетрадиционных методов подхода к их решению, развития фундаментальных физических исследований, численных методов, экспериментальной базы и полигонных облучательных опытов, позволяющих воспроизвести или с большой степенью достоверности имитировать проникающие излучения ядерного взрыва. Именно в это время экспериментальная база ВНИИЭФ пополнилась уникальным испытательным комплексом, включающим в себя ракетный трек и ударную трубу.

Интересны впечатления М. Реброва — первого из журналистов «из-за зоны», увидевшего этот комплекс:

«Рельсовый трек, геодезически выверенный с величайшей точностью, протянулся на три километра. Отклонение на этом пути не должно превышать 3 миллиметра. Ракетные двигатели разгоняют боевую часть до космических скоростей, после чего она летит по настильной траектории. Впереди — стометровая труба диаметром 6 метров. Здесь и ожидают боевую головку различные испытания. Первый заместитель главного конструктора доктор технических наук Ю. И. Файков показывает уникальный многоцелевой испытательный комплекс, позволяющий измерять множество (до 200) параметров, регистрировать быстропротекающие процессы, получать нужный результат... Альтернативы такому комплексу нет».

Еще большее впечатление произвели бы на журналистов и, пожалуй, на специалистов в области физического эксперимента полигонные облучательные опыты.

Представьте себе! Горизонтальная штольня диаметром, соизмеримым с тоннелем метро, на сотни метров уходит в чрево горы. Рельсовые пути, осветительные плафоны и многи-

сленные кабели вдоль стен еще больше подчеркивают сходство со строящимся метрополитеном. Необычными кажутся трубы. Они тянутся сбоку штольни и уходят вглубь горного массива. Труб несколько. Они отличаются диаметром, длиной и высотой расположения. Оптические оси труб с ювелирной точностью направлены на источник излучения — специальный ядерный заряд, установленный в конечной точке штольни. В зависимости от решаемых задач для опыта выбирается заряд — облучатель со строго нормированными параметрами определенных видов излучения, обеспечивающих имитацию воздействия поражающих факторов ядерного взрыва противоракеты в определенной точке траектории. После срабатывания заряда измерение ядерного взрыва по трубам выводится на испытываемые объекты, расположенные на различном удалении от центра взрыва. Объектами облучения могут быть как небольшие электрорадиоэлементы, так и крупногабаритные образцы вооружения и военной техники.

Система защитных сооружений, разработанная в институте, обеспечивает перекрытие труб сразу же после прохода излучения и препятствует выходу продуктов взрыва за пределы штольни. Полученные при проведении полигонных облучательных опытов исключительно ценные результаты по воздействию проникающего излучения используются при конструировании новых образцов техники. Сложность и дороговизна полигонных облучательных опытов, стремление к оперативному получению информации о радиационной стойкости проектируемых изделий в лабораторных условиях способствовали всестороннему изучению в институте процессов взаимодействия ядерных излучений с веществом, прохождения их через различные среды, а также разработке и созданию различных типов ядерных реакторов и ускорителей заряженных частиц.

Большим научно-техническим достижением ВНИИЭФ стал ввод в эксплуатацию в 1991 г. крупномасштабного радиационно-облучательного комплекса «Пульсар» на базе мощного ускорителя электронов ЛИУ-30. Параметры базовых установок, дооснащенных дополнительными ускорителями, ударными стендами, импульсными источниками рентгеновского и электромагнитных излучений, делают «Пульсар» уникальным комплексом в стране.

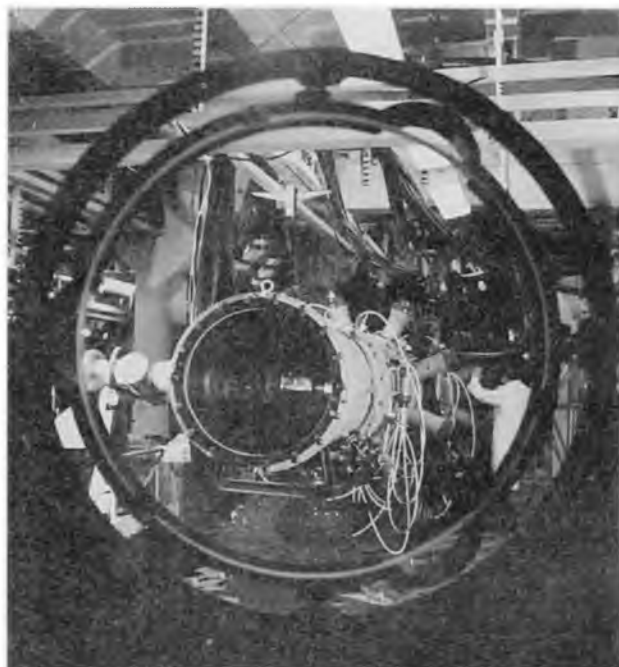
Достижения ВНИИЭФ были бы немыслимы, если бы с момента его образования не уделялось первостепенное внимание проведению теоретических фундаментальных физических и прикладных исследований, математическому моделированию сложных процессов в области физики высоких плотностей энергии, совершенствованию методов и программ расчета, оснащению первоклассной вычислительной техникой. Без всего этого качественное решение главной задачи — разработка ядерного оружия — было бы просто невозможным.

Мозговым центром РФЯЦ—ВНИИЭФ являются его теоретические подразделения, работающие в тесном содружестве с математическим отделением института — крупнейшим вычислительным центром страны. Именно здесь зарождаются идеи и проводится расчетно-теоретическое обоснование конструкций ядерных зарядов, ведется работа по ряду направлений фундаментальной физики. Это прежде всего физика высокой плотности энергии, учитывающая гидродинамические процессы, тепловые процессы с учетом лучистого переноса, а также вопросы горения термоядерного топлива. Совместно с математиками создаются более совершенные методы и программы расчета, в том числе в двумерной и трехмерной геометрии. В теоретических отделениях проводится серьезная работа в интересах атомной и ядерной физики, ядерной энергетики, повышения безопасности ядерных боеприпасов, создания оружия направленной энергии.

Теоретиками института выполнен ряд интересных работ в области астрофизики, космологии, гравитации и теории элементарных частиц. Результаты многих теоретических исследований вызывают большой научный интерес не только в нашей стране, но и за рубежом.

Огромная заслуга в развитии теоретических исследований, приданию этому направлению первостепенного значения принадлежит таким выдающимся ученым, как Н.Н. Боголюбов, Е. И. Забабахин, Я. Б. Зельдович, И. Е. Тамм, А. Д. Сахаров, И. Д. Софронов, Д. А. Франк-Каменецкий.

Теоретические исследования получают свое дальнейшее развитие в отделениях института, в которых проводятся фундаментальные работы по важнейшим ядерно-физическим, электро- и радиофизическим направлениям, начало которым было положено такими известными



Фрагмент лазерной установки «Искра-5»

физиками, как Г.Н. Флеров, В.А. Цукерман, А.И. Павловский, С.Б. Кормер и др. В этих отделениях разработаны и созданы:

магнитокумулятивные или взрывомагнитные генераторы, преобразующие энергию химического или ядерного взрывов в магнитную, с рекордными энергетическими параметрами;

мощные экспериментальные лазерные установки «Искра-4» и «Искра-5», открывшие широкие возможности в области термоядерного синтеза, высокотемпературной плазмы, решении разнообразных задач прикладного характера;

множество установок, позволяющих проводить ядерно-физические исследования, получать все виды излучений, сопутствующих реакции деления, и определять степень их радиационного воздействия на всевозможные образцы техники;

импульсные оптические квантовые генераторы различных типов и многие другие физические приборы, стенды, установки, методики, позволяющие РФЯЦ-ВНИИЭФ занимать лидирующее положение в сфере фундаментальных и прикладных исследований.

Для более наглядного представления о физических установках, создаваемых в институте, обратимся к «Искре-5» — примеру высочай-

шего научно-технического достижения. Световые пучки двенадцати лазерных систем, пройдя 250-метровый путь через систему усилителей, зеркальных отражателей, линз и других хитроумных устройств, сходятся в точке, где находится тонкостенный стеклянный шарик диаметром 0,5 мм и с толщиной стенок в несколько микрон. Шарик наполнен газообразным термоядерным топливом, в котором под воздействием мощного потока лазерного излучения должен загореться термояд.

Возможность осуществления синтеза изотопов водорода экспериментально подтверждена, а следовательно, сделан очередной шаг к термоядерной энергетике. Нерешенным остается пока вопрос о повышении коэффициента полезного действия системы.

Введенная в эксплуатацию в 1989 г. российская «Искра-5» поражает своими техническими характеристиками и занимает достойное место среди установок подобного класса: американской «Нова», французской «Фебос» и японской «Гекко-12».

Исключительно важную роль в разработке ядерных боеприпасов, фундаментальных научных изысканий имеют работы, относящиеся к области физики взрыва и прикладной газодинамики.

Во ВНИИЭФ были заложены, а впоследствии и развиты методики газодинамического эксперимента, разработана аппаратура для исследования процессов, протекающих в милли-, микро- и наносекундных диапазонах, измерения напряжений, деформаций, перемещений и ускорений. Все это позволяло разработчикам, начиная с РДС-1, проводить углубленное изучение и корректировку процессов, происходящих на газодинамической стадии работы ядерных зарядов, на внутренних полигонах института и ограничиваться минимальным объемом сложных полномасштабных испытаний.

Определяющий вклад в становлении газодинамического эксперимента был внесен В. К. Боболевым, М. Я. Васильевым, А. Д. Захаренковым, Д. М. Тарасовым, Н. А. Казаченко, Л. М. Тимониным, Г. А. Цырковым и многими другими ведущими специалистами ВНИИЭФ.

Раньше это было довольно часто, а теперь все реже и реже в лесистых окрестностях Сарова гремят взрывы. Это работают газодина-

мики. «Пеньки взрывают» — такое расхожее выражение можно услышать и по сей день.

Исследования ударной сжимаемости веществ, начатые в 1947 г. и получившие особенно бурное развитие с переходом на проведение подземных испытаний, предоставивших возможность проведения экспериментов при давлениях до десятков — сотен терапаскалей ($1 \text{ Тпа} = 1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$), вывели ВНИИЭФ в мировые лидеры, существенно расширили знания о состоянии вещества при сверхвысоких давлениях.

Достижения института мы чаще всего связываем с именами физиков, теоретиков, математиков, газодинамиков, с людьми, генерирующими идеи и порой гениальные. Но поступая так, мы незаслуженно оставляли в тени славы наших замечательных конструкторов и прибористов, технологов, химиков и экспериментаторов, производственников, испытателей, метрологов и стандартизаторов, людей, принадлежащих к многим другим специальностям, воплощающих идеи в конструкции, выдерживающие тропическую жару и арктический холод, ударные перегрузки в сотни-тысячи единиц, сохраняющие свои технические характеристики в течение продолжительного гарантийного срока.

К когорте талантливейших конструкторов ВНИИЭФ, наряду с уже ранее отмеченными, заслуженно относятся нынешние главные конструкторы института С. Н. Воронин и Г. Н. Дмитриев, а также И. В. Алексеев, В. П. Алушев, Е. В. Гаврилов, В. Н. Лобанов, Ю. В. Мирохин, Д. Г. Приемский, Г. А. Соснин, Д. А. Фишман, Н. И. Щаников, Е. Д. Яковлев и др.

Многими успехами институт обязан своему ветерану Г. Г. Савкину, внесшему исключительный вклад в разработку, освоение и внедрение новых, зачастую непревзойденных, технологий и материаловедческих исследований.

Геннадий Григорьевич — кандидат технических наук, лауреат Ленинской и Государственной премий, начальник технологического отделения и главный технолог РФЯЦ—ВНИИЭФ, удостоен в 1995 г. высокого звания «Заслуженный технолог Российской Федерации».

Известные и уважаемые в институте испытатели С. П. Попов, А. И. Веретенников, И. Ф. Турчин, А. В. Девяткин и Ф. М. Гудин



Экспозиция музея ядерного оружия ВНИИЭФ

провели в общей сложности годы на полигонах, где производилась завершающая отработка ядерного оружия. По результатам этих испытаний делалось заключение о дальнейшей судьбе изделий, после чего им или давалась путевка в жизнь, или делалось заключение о нецелесообразности разработки, или в их конструкцию вводились изменения.

Полигонным государственным испытаниям предшествует экспериментальная отработка разрабатываемых образцов. На этом этапе из конструкций «выжимают» все, выявляются их сильные и слабые стороны, подтверждается прочность к механическим и климатическим воздействиям.

Одним из первых организаторов и руководителей этих работ был Ю. Г. Карпов, продолжил начатое им дело Б. Ф. Смирнов.

Сегодня научно-исследовательский испытательский комплекс ВНИИЭФ (кроме всего остального) — это мощная экспериментальная база для исследования поведения инженерно-технических объектов при самых различных воздействиях — как правило, экстремальных.

Производство, помыслы и руки мастеров, технологов, контролеров ОТК и рабочих является последней стадией в создании продукции.

Производственно-технологическая база института, основанная в 1946 г. на площадях Завода № 550, включала в себя механо-сборочный, литейно-кузнечный, инструментальный и ремонтно-механический цеха.

На заводе работали 341 человек, из них 220 рабочих, 59 инженерно-технических работников, 26 служащих, 5 человек младшего обслуживающего персонала и 31 ученик.

В настоящее время на заводе действует 21 цех с широкой специализацией и профилем работ. Численный состав завода около 4200 человек, из них примерно 3000 рабочих и 1000 ИТР.

Наибольший вклад в развитие опытного производства был сделан легендарной личностью Героем Социалистического Труда Е. Г. Шелотонем, возглавлявшим заводской коллектив с 1960 по 1987 г.

В 1996 г. ВНИИЭФ, одно из главных звеньев инфраструктуры ядерной отрасли, роль и значение которого нельзя переоценить, отметил свое 50-летие.

Здесь не только были созданы первые ядерная и водородная бомбы, ядерные боеприпасы для различных родов войск Вооруженных Сил страны, но и подготовлены научно-техничес-

кие кадры, ставшие костяком многих проектно-исследовательских организаций.

В 1954 г. на Урале был создан побратим КБ-11 — НИИ-1011, называемый ныне Российский Федеральный ядерный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики». Более сотни человек покинули обжитые места в Арзамасе-16 и направились на работу в Челябинск-70 (Снежинск). Среди уехавших от нас высококвалифицированных специалистов были Е. И. Забахин, Е. Н. Аврорин, Б. В. Литвинов и многие другие.

В 1956 г. выделился из КБ-11 в самостоятельную организацию КБ-25 — Научно-исследовательский институт авиационной автоматики, главным конструктором которого стал один из ведущих специалистов КБ-11 А. А. Бриш, а директором Н. Л. Духов — филиал № 1.

Сотрудники первого ядерного центра сыграли заметную роль в научно-техническом становлении московского НИИ импульсной техники (НИИИТ), нижегородского Приборостроительного института (НИИС), КБ АТО в подмосковных Мытищах, московского Научно-исследовательского и проектного института промышленной технологии.

Выходцами из РФЯЦ—ВНИИЭФ были и поныне являются такие работники Министерства РФ по Атомной энергии, как В. И. Алферов, Н. И. Павлов, В. Н. Михайлов, Л. Д. Рябев, Г. А. Цырков и др.

50-летняя история института неразрывна с деятельностью крупных организаторов производства, возглавлявших его в разные годы — П. М. Зернов (1946—1951 гг.), А. С. Александров (1951—1955 гг.), Б. Г. Музруков (1955—1974 гг.), Л. Д. Рябев (1974—1978 гг.), Е. А. Негин (1978—1987 гг.) и В. А. Белугин (1987 по настоящее время).

ВНИИЭФ стал не только «кузницей кадров» для предприятий ядерной отрасли, в нем готовились военные специалисты по сборке и техническому обслуживанию ядерных боеприпасов, было создано первое военное представительство. Прообразом военного представительства явилась техническая инспекция, сформированная в марте 1950 г. по приказу директора предприятия П. М. Зернова из работников КБ. Возглавил техническую инспекцию инженер-подполковник В. В. Дубицкий. Техническая

инспекция просуществовала недолго. В мае 1951 г. для контроля за качеством изготовления изделий «501» (РДС-1) при КБ-11 и его Заводе № 551 постановлением Совета Министров СССР создается специальная приемка Главгостроя СССР. Приемка комплектовалась офицерами Вооруженных Сил. Первыми ее сотрудниками были А. Д. Искра, И. А. Савин, И. И. Завалко, ставшие впоследствии руководящими работниками Министерства обороны.

С развитием инфраструктуры разработки ядерного оружия расширялась и сфера деятельности военных представителей. И если первые военпреды отвечали в основном за соответствие выпускаемой продукции требованиям конструкторской документации, то последующие поколения несли личную ответственность за выполнение требований Заказчика к создаваемому образцу, за полноту и качество отработки ядерного оружия, стали, по существу, полноправными соавторами разработок. Заметную роль в деле повышения качества проектируемых во ВНИИЭФ ядерных боеприпасов сыграли В. П. Артемьев, А. М. Васюков, Д. А. Елкин, В. М. Иванов, Г. М. Кондратенко, П. П. Максименко, В. А. Мартынов, В. С. Морев, Л. Ф. Ткаченко, И. П. Чепкасов, Д. Н. Черевань и многие другие офицеры и служащие военных представительств.

За последние 5 лет слава ВНИИЭФ несколько померкла. Снижение бюджетного финансирования на проведение НИОКР, сокращение государственных заказов, прекращение полигонных ядерных испытаний привели к резкому сокращению работ по проектированию ядерного оружия, составляющего основу оборонного могущества России.

Попытки полного использования научно-технического потенциала института за счет контрактных, договорных и конверсионных работ в условиях экономического спада в стране не могут увенчаться успехом. Все эти «поделки» несоизмеримо малы по сравнению с его исключительно высокими возможностями.

Но все же ВНИИЭФ живет. Ведомый научно-техническим руководством во главе с Владимиром Александровичем Белугиным институт решает возложенные на него задачи. В нем трудятся около 20 тысяч сотрудников, среди которых — 3 академика Российской Академии наук, 2 действительных члена и 3 член-корр.

Российской Академии ракетных и артиллерийских наук, 1 действительный член Российской Академии естественных наук, около тридцати действительных членов Международной Академии информатизации, около 70 докторов и 500 кандидатов наук. Большинство из них не теряют оптимизма и надеются на лучшие времена.

Живет и развивается наш город Саров — город широких озелененных улиц и проспектов, многоэтажных домов с зелеными массивами между ними. Он современен и красив и для многих из 80 тысяч его жителей стал «малой Родиной», которую чтут и любят, слагают стихи и сочиняют песни.

Вот несколько строк из одной из них, написанной в 1971 г. к 25-летию ВНИИЭФ К. Табачук на слова И. Кофанова:

У меня есть на свете родня и друзья,
Только нету ко мне им пути,
Потому что на карте России нельзя
Твое имя, мой город, найти.

Но настанет пора — время скажет свое,
Про тебя во Вселенной услышат
Друг мой, дело твое, город, имя твое
На граните потомки напишут.

Слова поэтических строк во многом оказались пророческими. Город стал более открытым не только для родственников, но и для международного сотрудничества.

Восстанавливается историческая справедливость, и о жителях и их делах стали писать статьи и издавать книги, имя его вновь появилось на картах. Напишут ли его наши потомки на граните..?

Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ)

В. К. Уласевич, А. Д. Жирнов, В. И. Михан, К. К. Полушкин

Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ) является одним из крупнейших в России центров ядерной техники и технологии, разрабатывающим во взаимодействии со специалистами ведущих организаций Минатома и других ведомств энергетические и исследовательские ядерные реакторы, транспортные и транспортные энергетические установки, атомные станции теплоснабжения, ядерные энерготехнологические системы для производства тепла, пара, пресной воды и др.

В институте работают академик РАН, 8 профессоров, 21 доктор и 147 кандидатов наук. Общая численность работающих в НИКИЭТ составляет около 2600 чел. Институт имеет две площадки: в Москве и на Урале.

Рождение института связано с началом освоения ядерной энергии в СССР, а его дальнейшая история отмечена рядом крупных достижений в развитии отечественной и мировой атомной науки и техники.

К началу 1946 г. у И.В. Курчатова, стоявшего во главе уранового проекта СССР, окончательно созрела идея плутониевого варианта ядерной бомбы. Наиболее быстро реализуемым способом получения нужного количества плутония была признана выработка его при делении ядер урана-235, для чего должен быть создан специальный уран-графитовый реактор, хотя не исключался и вариант тяжеловодного аппарата.

К разработке первого промышленного реактора были привлечены три основные организации: ГСПИ-11 — ныне ГИ ВНИПИЭТ (С.-Петербург), ОКБ «Гидропресс» (Подольск) и НИИХИММАШ (Москва). Директор НИИХИММАШ Н. А. Доллежалъ предложил вертикальный вариант реактора с размещением каналов с блочками урана в стоящих графитовых колоннах. После многочисленных обсуждений для дальнейшей разработки был

принят вариант Н. А. Доллежалъ, и он был назначен руководителем работ. Первые технические решения по этому реактору, получившему обозначение «А», были разработаны инженерами В. В. Вазингером, П. А. Деленсом, В. В. Мишке, В.В. Рылиным, М.П. Сергеевым, Б.В. Флоринским.

После утверждения в июне 1946 г. основных решений по реактору в «Гидросекторе» НИИХИММАШ в тесном сотрудничестве со специалистами Лаборатории № 2 (будущий ИАЭ им. И.В. Курчатова) и других организаций началась интенсивная разработка проекта. Выпускались сразу рабочие чертежи и параллельно экспериментально отработывались наиболее сложные узлы. В лифтовой шахте НИИХИММАШ был сооружен стенд с 16 графитовыми колоннами и каналами. На стенде испытывались узлы загрузки-выгрузки урановых блочков, средства контроля целостности каналов, исследовались вопросы теплогидравлики, стойкости материалов, проверялись ремонтируемость и сменяемость отдельных элементов.

Бригада конструкторов «Гидросектора» активно работала и на монтаже реактора в г. Челябинске-40. В июне 1948 г. монтаж был завершен, и реактор выведен на проектную мощность 100 МВт. По мере освоения мощность постепенно повышалась и вскоре была доведена до 300 МВт, а позднее, в 1964 г., увеличена до 450 МВт.

Именно на этом реакторе был получен плутоний для первой советской ядерной бомбы, ликвидировавшей существовавшую в то время монополию США на ядерное оружие. Труд создателей реактора был высоко оценен: главный конструктор реактора Н. А. Доллежалъ был удостоен Золотой звезды Героя Социалистического Труда, основным разработчикам — П. А. Деленсу, В. В. Вазингеру, В. В. Рылину, М. П. Сергееву, Б. В. Флоринскому — присуждены Сталинские премии, другие участники



Николай Антонович Доллежалъ



Первая в мире АЭС

работ награждены орденами и медалями СССР.

В дальнейшем разработка более мощных реакторов типа «А» была передана конструкторскому бюро Завода № 92 (ныне ОКБМ).

В 1948 г. Н.А. Доллежалю поручается разработка нового реактора — для получения трития. И снова работы ведутся в напряженном темпе. Чертежи были выпущены в 1950 г., а уже в 1951 г. реактор АИ сдается в эксплуатацию. В результате Советский Союз первым испытал термоядерное оружие. За создание реактора Н. А. Доллежалю, П. А. Деленсу и П. И. Алещенкову присуждается Сталинская премия.

Родившись как средство создания ядерного оружия, реакторная техника по своей физической сущности не могла использоваться только в этом, сугубо разрушительном, направлении. Осознание невиданной энергоемкости ядерного топлива неизбежно побуждало уче-

ных и инженеров, как в нашей стране, так и за рубежом, к развитию этой техники в других, полезных для человечества, областях. Появлялись и обсуждались самые различные предложения об использовании ядерных реакторов в качестве компактных энергоисточников для транспортных средств на воде и под водой (надводные корабли и подводные лодки), на земле (тепловозы), над землей (самолеты, ракеты). История дальнейшего развития атомной энергетики свидетельствует об успешной реализации большинства из них а первопроходцем, у нас в стране, по многим направлениям реакторной техники стал НИКИЭТ.

Наиболее же достижимым в начале 50-х годов представлялось решение задачи использования ядерных реакторов в электроэнергетике. 16 мая 1950 г. Н.А. Доллежалъ принимает поручение правительства на разработку реактора для опытной атомной электростанции. Вскоре в «Гидросекторе» НИИХИММАШ началась разработка проекта. На практике этот процесс оказался отнюдь не простым, пришлось сталкиваться с очень серьезными научно-инженерными и технологическими трудностями.

Эскизный проект реактора был выпущен в 1951 г., и сразу начался выпуск рабочей документации, которая по мере готовности передавалась в производство. Многие основные узлы реактора изготавливались на экспериментальном заводе химического машиностроения при НИИХИММАШ, находившемся в подчинении Н. А. Доллежаля.

Станция строилась на площадке лаборато-

рии «В» (ныне Физико-энергетический институт) в Обнинске. Научное руководство сооружением станции было поручено А.К. Красину. На месте сооружения реактора работала бригада конструкторов НИИХИММАШ для внесения изменений в рабочую документацию по мере получения новых данных с экспериментальных стендов. Руководил бригадой П. И. Алешенков. 27 июня 1954 г. Первая в мире атомная электростанция была пущена. Ее создание было отмечено Ленинской премией. В числе тех, кому она была присуждена — Н.А. Доллежалъ и А.К. Красин. Группа сотрудников НИИХИММАШ награждена орденами. Среди них — П.И. Алешенков, Н. Н. Малицкий, А. П. Гранков, Г. Д. Князева, Б. В. Флоринский.

Сообщение о пуске первой АЭС вызвало широкий отклик в мире, поскольку ее ввод в действие исторически ознаменовал старт ядерной энергетики. Пуск стал также первым вкладом в развитие этой отрасли техники уже не «Гидросектора» НИИХИММАШ, а созданного (в основном на его базе) нового научно-исследовательского института № 8 — НИИ-8 (ныне НИКИЭТ) во главе с Н.А. Доллежалем, призванного, наряду с продолжением ранее развернутых работ по промышленным и энергетическим реакторам, решить новую сложнейшую техническую задачу в интересах отечественного военно-морского флота.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕАКТОРЫ

Одновременно с разработкой реактора для Первой АЭС, усовершенствованием первых промышленных реакторов А и АИ для удовлетворения возрастающих потребностей в оружейных плутонии и тритии НИИ-8 в начале 50-х годов конструирует более мощные реакторы. По проекту института создается и пускается в 1955 г. в Томске реактор И-1 (или как его называли — «Иван первый») с тепловой мощностью 300 МВт, впоследствии увеличенной более чем в 5 раз. Там же сооружается и реактор И-2.

Вместе с тем еще с 1950 г. по инициативе И. В. Курчатова начались поисковые работы по переводу промышленных реакторов на замкнутый контур охлаждения. Промышленные реакторы, как у нас, так и за рубежом, в

частности в США, по схеме осаждения активной зоны были проточными. Вода забиралась из определенной части водоема или реки, после очистки охлаждала активную зону и, подогретая, сбрасывалась в другую часть водоема, где за счет испарения охлаждалась. Была разработана схема перевода охлаждения активной зоны реактора И-2 на замкнутый цикл, что давало возможность резко сократить радиоактивные сбросы в окружающую среду, утилизировать сбрасываемое тепло. Однако реализация идеи оказалась достаточно трудной, потребовалось провести разнообразные исследования и опытно-конструкторские работы, связанные с решением материаловедческих задач по поиску стойких алюминиевых сплавов для каналов и оболочек блочков, обработкой конструкции и режимов эксплуатации каналов, узлов загрузки-выгрузки блочков, средств контроля и управления реактором и др. Выполнение комплекса НИОКР, создание необходимых стендов, в том числе уникальной петлевой установки на реакторе АВ в г. Челябинске-40, испытания на них обеспечивались напряженной творческой работой специалистов как НИИ-8, так и других организаций.

В 1958 г. завершаются монтажные работы, реактор И-2 сначала запускается по разомкнутой схеме охлаждения, а с сентября этого года переводится на замкнутую циркуляцию воды первого контура.

Вода, нагретая в реакторе до температуры 180 °С, а в отдельных каналах до 200 °С, отдает тепло в парогенераторах теплоносителю второго контура. Несмотря на относительно низкие («банные») параметры пара, это было в то время большим достижением. Реактор (его тепловая мощность составляла 1450 МВт) стал называться ЭИ-2, т.е. энергетический «Иван второй». Пуск реактора ЭИ-2 по сути означал ввод в эксплуатацию новой Сибирской АЭС. Комплекс работ по ее созданию был удостоен Ленинской премии, среди ее лауреатов сотрудники НИИ-8 И. Я. Емельянов и В. В. Рылин, а орденами и медалями награждены В.Н. Крылова, И. И. Гроздов, С. А. Максюков, Н.П. Гуров, Е. С. Петухов, В. А. Суроегин, Р. В. Гребенников и др.

Последующие реакторы Сибирской АЭС по схеме первого проектировало уже КБ Завода № 92. Эти реакторы (АДЭ) сооружались не

только в Томске, но и в Красноярске, и отличались от ЭИ-2 большим числом каналов и, следовательно, мощностью. Существенной переработке подвергся только один узел — разгрузочный механизм. Заводским бюро было предложено более надежное решение, которое и было реализовано на реакторах АДЭ, а также на самом ЭИ-2.

Эксплуатация реакторов вскрывала много новых, неизвестных для уровня знаний тех лет, факторов поведения их элементов и узлов, которые невозможно было учесть во время разработки. Некоторые элементы не выдерживали реальных условий работы, выходили из строя, что вызывало незапланированные остановки, снижение эффективности аппаратов. Большое внимание приходилось уделять ремонту и усовершенствованию работавшей техники. Так, в частности, была проведена реконструкция реактора АИ с частичной заменой графитовой кладки. В результате реактор, рассчитанный сначала на эксплуатацию в течение нескольких лет, проработал до 1987 г., т. е. более 30 лет. В ходе реконструкции был приобретен бесценный опыт демонтажа металлоконструкций и графитовой кладки, использование которого, несомненно, потребуется при предстоящих работах по снятию реакторов с эксплуатации. В 1979—1981 гг. осуществлен капитальный ремонт реактора ЭИ-2. На основе разработок института была устранена кривизна графитовых колонн, усовершенствована конструкция технологических каналов, благодаря чему резко сократились течи воды в кладку и улучшились условия ее работы. Одновременно организована система контроля кривизны колонн, которая позволила следить за состоянием графитовой кладки реактора в процессе его дальнейшей эксплуатации.

В работах, связанных с эксплуатацией промышленных реакторов и их усовершенствованием, принимали активное участие специалисты НИКИЭТ. В тесном взаимодействии с эксплуатационниками они обеспечили не только поддержание надлежащего технического состояния реакторов И-1 и ЭИ-2, но и возможность их многолетней работы вплоть до 1990 г., когда в связи с принятием международных соглашений о сокращении ядерных вооружений резко сократилась потребность в необходимых изотопах.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РЕАКТОРЫ

Начавшееся в конце 50-х годов бурное внедрение реакторных технологий в различные области техники, интенсивное расширение работ в отрасли потребовали крупномасштабного развития ее экспериментальной базы и, в первую очередь, создания реакторов для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований. Здесь также проявилась особенность стиля работы института — быть первопроходцем, не бояться уникальных и сложных задач.

По заданию ИАЭ им. И.В. Курчатова разрабатывается и в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (НИИАР) сооружается реактор СМ-2 для проведения физических исследований, получения трансурановых элементов, испытаний материалов. Долгое время реактор, введенный в эксплуатацию в 1961 г., был мировым рекордсменом по плотности потока тепловых нейтронов — до $5 \cdot 10^{15}$ нейтр/(см²·с). Это выдающееся для своего времени достижение было отмечено Ленинской премией. Среди ее лауреатов — руководитель разработки конструкции реактора Ю.М. Булкин.

Там же в НИИАР по проекту НИИ-8 создается и пускается в 1967 г. реактор МИР со многими петлевыми устройствами, ставший основной базой для испытаний и отработки топливных композиций, твэлов, тепловыделяющих сборок для различных реакторов. По разработкам института сооружается и ряд реакторов бассейнового типа для оснащения исследовательских и учебных центров у нас и за рубежом.

Особо остановимся еще на двух проектах института. Один из них осуществился в 1959—1961 гг. по заданию И.В. Курчатова. Это — ИГР (импульсный графитовый реактор) или, как тогда он назывался, РВД (реактор взрывного действия). Идея реактора (ее выдвинул С.М. Фейнберг) весьма оригинальна и в то же время очень проста. Основа реактора — графит: графитовые конструкционные детали, графитовая матрица для размещения топлива и поглотителей нейтронов. После нескольких встреч с Н. А. Доллежалем и обсуждений конструктивной схемы И.В. Курчатова, не ожидая выпуска проекта, приглашает строителей и

ставит им задачу, как готовить площадку и здание под реактор на территории Семипалатинского полигона. Такая уверенность в будущем успехе основывалась именно на простоте выработанной совместно со специалистами ИАЭ схемы, представлявшей собой композицию пропитанных и не пропитанных ураном блоков графита. Реактор складывался из них в виде призмы с большой полостью в центре для размещения экспериментальных образцов или устройств. Извлечением регулирующих стержней реактор разгонялся за весьма короткое время (десятки миллисекунд), что задавалось программой, достигал весьма высокой мощности и, разогреваясь, сам себя заглушал. За счет отрицательного температурного коэффициента реактор автоматически переходил в конце цикла в глубоко подкритическое состояние. Для повторения цикла реактор надо было расхолодить, предварительно введя в него снова регулирующие стержни.

Во время вспышки в экспериментальном канале возникало нейтронное излучение, недостижимое ни в каком другом реакторе. РВД был сконструирован и сооружен в необычно короткие сроки: от постановки И. В. Курчатовым задачи до пуска прошло менее двух лет. После ввода в эксплуатацию реактор интенсивно использовался для испытаний тепловыделяющих элементов и сборок по программе создания ядерных ракетных двигателей (ЯРД), для проведения других исследований, где нужны динамичные режимы испытаний, и, будучи работоспособным до настоящего времени, является одним из объектов, где исследуются тяжелые аварии.

Уникальной разработкой является и проект реактора ИБР-2, реализованный в конце 70-х годов. К тому времени в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне уже работал импульсный реактор на быстрых нейтронах, но его характеристики были ограничены и не устраивали ученых, так как импульсная мощность и потоки излучения, сопровождающие импульс, были недостаточны для изучения быстротекающих ядерных процессов. Для реактора ИБР-2 была разработана оригинальная конструкция активной зоны с механическим модулятором реактивности, в которой за счет охлаждения натрием существенно интенсифицирован теплоотвод. Реактор

активно используется в исследованиях физики конденсированных сред.

Выше рассказано лишь о нескольких наиболее наглядных примерах творческого вклада НИКИЭТ в исследовательское реакторостроение. Всего же по проектам института, ставшего головным в отрасли по этому направлению техники, в республиках бывшего СССР и за его пределами создано около двух десятков исследовательских реакторов. Их использование связано как с научными поисками в самых разнообразных областях — геологии, медицине, материаловедении, агротехнике, химии и др., так и с обучением будущих специалистов.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ

Успешное создание и работа Первой в мире АЭС стали отправным этапом развития ядерной электроэнергетики в стране. Совершенно естественно, что коллектив НИКИЭТ, обладавший уже большим опытом разработки уран-графитовых канальных реакторов с водяным охлаждением, активно продолжил свою деятельность в этом направлении реакторостроения. Такой выбор определился рядом обстоятельств. Во-первых, в конце 50-х годов СССР, в отличие, например, от США, еще не располагал достаточно развитой промышленной базой для крупномасштабного изготовления технологически сложных корпусов высокого давления для ядерных реакторов. Имевшиеся в стране мощности с большим трудом справлялись с производством существенно меньших по размерам корпусов реакторов для начавшего бурно и приоритетно строиться атомного подводного флота. Во-вторых, канальные реакторы уже «подпирали» развитая научно-экспериментальная база, позволявшая со сравнительно малыми затратами времени и средств с большой степенью уверенности обосновывать физические, конструкторские и технологические решения. Наконец, возможности использования характерных для уран-графитовых канальных реакторов и проверенных опытом работы первой АЭС их принципиальных достоинств, среди которых — одноконтурность теплогидравлической схемы, высокая аккумулялирующая способность графитовой кладки, сравнительно невысокие тепловые нагрузки активной зоны — открывали перспективу создания мощных, экономичных и безопасных АЭС.

Реакторы Белоярской и Билибинской АЭС.

Первым опытом реализации накопленного потенциала по канальным реакторам при достаточно крупных по масштабам энергетики мощностях стало создание реакторов для Белоярской АЭС.

Очевидно, что проект этой, по существу, промышленной станции уже не мог ориентироваться на тепловые параметры Первой и, тем более, двухцелевой Сибирской АЭС. Вся тепловая энергетика к этому времени работала при значительно более высоких параметрах пара на входе в турбину. Лидер в отечественном, да и в мировом, турбостроении — Ленинградский металлический завод — уже в начале 50-х годов разработал турбины на параметры пара 510 °С и 90 кгс/см²). Именно с учетом этого при разработке реакторов Белоярской АЭС конструкторами во главе с Н.А. Доллежалем и П.И. Алещенковым было предложено осуществить перегрев пара непосредственно в активной зоне до параметров, при которых можно было использовать серийные турбины ЛМЗ — ВК-100 мощностью 100 МВт. Предложение конструкторов НИИ-8 было поддержано научным руководством ФЭИ, в частности, А.К. Красиным и М.Е. Минашиным. Естественно, повышение температуры теплоносителя потребовало разработки и использования более жаропрочных и жаростойких материалов для предусматривавшихся в этих реакторах, как и в реакторе Первой АЭС, трубчатых тепловыделяющих элементов. Усилиями специалистов ФЭИ и НИИ-9 (ныне ВНИИНМ им. А.А. Бочвара) твэлы на основе этих материалов были созданы, и, хотя последние обладали более высоким «паразитным» захватом нейтронов, был получен общий выигрыш в энергетической эффективности.

Работы начались вскоре после пуска Первой в мире АЭС и в полную силу развернулись с 1956 г. Характерной чертой НИИ-8 того времени было широкое привлечение молодых специалистов — выпускников ведущих технических вузов, в основном Москвы. Это весьма благоприятно сказалось при разработке реакторов Белоярской АЭС, в работах по другим направлениям, выполнявшихся в те и последующие годы в институте. Заметим кстати, что тогда ни одно высшее учебное заведение страны не готовило специалистов по реакторост-

роению, за исключением МИФИ, который выпускал инженеров-физиков различного профиля, в том числе специалистов по нейтронно-физическим расчетам реакторов. Только в 60-е годы в МВТУ им. Н.Э. Баумана и МЭИ появились кафедры, готовящие конструкторов, эксплуатационников в области реакторной техники. В МВТУ кафедра «Ядерные энергетические установки» была создана по инициативе Н.А. Доллежала и возглавлялась им в течение 25 лет, а многие специалисты НИИ-8 вели и ведут на ней преподавательскую работу, помогают в постановке и проведении научных исследований.

В проектирование реакторов Белоярской АЭС в НИИ-8 были вовлечены большие силы из различных подразделений. Разработка конструкции реакторов, инженерные расчеты выполнялись под руководством П.И. Алещенкова, Н.Г. Моргунова, Г.Д. Князевой, Л.И. Луниной, нейтронно-физические расчеты осуществлялись коллективом во главе с А.Д. Жирновым, Ю.И. Митяевым, теплофизическими исследованиями руководил Б.В. Флоринский, прочностные расчеты велись в отделе, возглавляемом О.А. Шатской, системы и средства контроля теплогидравлических параметров разрабатывались под руководством Д.Н. Попова, а системы и средства управления реакторов — под руководством А.Г. Филиппова, вопросы материаловедения, коррозии исследовались в коллективах под началом И.С. Лупакова, В.В. Герасимова, Ю.С. Кузьмичева, А.И. Громовой, стержнепоглотители были разработаны группой во главе с Р.В. Гребенниковым, экспериментальные узлы изготавливались в опытном производстве института, руководимом В.Ф. Гусевым.

Проект станции в целом выполнялся в Ленинградском отделении института «Теплоэлектропроект».

Работы по проектированию, изготовлению оборудования, строительству и монтажу велись ускоренными темпами. В апреле 1964 г. первый энергоблок электрической мощностью 100 МВт, а в декабре 1967 г. второй блок мощностью 200 МВт были введены в эксплуатацию. Создание Белоярской АЭС было крупным достижением отечественного реакторостроения. Это были первые в мире реакторы, в которых осуществлялся «ядерный» перегрев

пара до стандартных для того времени параметров тепловой энергетики. Тепловой КПД достигал 36%, что даже для современной ядерной энергетики является весьма высоким показателем.

Наиболее отличившиеся разработчики БАЭС были удостоены Государственной премии СССР. В НИИ-8 ею отмечены Н. А. Доллежал, П. И. Алещенков, Г. Д. Князева, Л. И. Лунина, Ю. И. Митяев. Правительственные награды получили многие сотрудники института.

Создание и эксплуатация двух блоков БАЭС (сейчас они уже выведены из эксплуатации) дали огромный опыт для последующего развития ядерной энергетики, в первую очередь направления канальных реакторов.

История уран-графитовых реакторов с трубчатыми твэлами не закончилась на создании БАЭС. Учитывая положительные качества такого типа реакторов, НИКИЭТ и ФЭИ было предложено использование их в качестве энергоисточников для труднодоступных районов СССР, в частности, Крайнего Севера и северо-востока страны. В этих районах преимущества ядерной энергетики очевидны, так как доставка традиционного органического топлива сложна и дорога. Учитывая это, строительство атомных станций на Севере весьма целесообразно. Первой такой станцией стала Билибинская АЭС в Магаданской области.

Технические предложения по реакторам для Билибинской станции были выполнены в НИКИЭТ коллективом, который разрабатывал реакторы БАЭС, а затем переданы для дальнейшей разработки в КБ «Энергоблок» Ленинградского металлического завода. Реакторы (их на станции четыре) небольшой тепловой мощности, всего 62,5 МВт, тепло снимается кипящей водой. «Подсушенный» в сепараторах насыщенный пар используется в турбине. Каждый блок станции включает турбогенератор мощностью 12 МВт и теплообменник для производства до 15 Гкал/ч тепла в целях отопления поселка. Таким образом, Билибинская станция является атомной теплоэлектроцентралью. Станция была введена в эксплуатацию в 1974—1977 гг. и успешно работает до настоящего времени. При эксплуатации проявилось еще одно достоинство трубчатых твэлов: из-за небольшого температурного перепада по сечению твэлов обеспечи-

вается возможность работы блока при переменных нагрузках, что очень важно для эксплуатации в условиях малых автономных энергосистем, характерных для удаленных районов.

Стремясь к дальнейшему повышению тепловой экономичности атомной станции, выходя на достигнутый энергетикой на органическом топливе уровень, специалисты НИКИЭТ выдвинули идею создания реакторов со сверхкритическими параметрами пара, чтобы использовать соответствующие, уже серийно изготовлявшиеся в стране, турбогенераторы. Такие разработки развернулись в институте под руководством П. И. Алещенкова в конце 60-х годов. Было предложено несколько проектов под турбины мощностью 800 и 300 МВт. Они были с интересом встречены научно-технической общественностью и руководством отрасли. Однако в силу ряда причин, главным образом из-за ограниченности средств, сосредоточенных на более простых, но легче и быстрее реализуемых направлениях, эти работы дальнейшего развития не получили и к середине 70-х годов были прекращены.

Реакторы большой мощности канальные — РБМК. Длительная работа Первой в мире атомной станции, Сибирской АЭС, ввод в эксплуатацию Белоярской станции показали, что уран-графитовые канальные реакторы, история которых началась еще в конце 40-х годов, вполне оправдали себя и могут явиться одним из основных типов аппаратов для создания в стране крупномасштабной ядерной энергетики. Однако для этого требовались и крупные реакторные блоки, на порядок превосходящие по мощности те, что были созданы до второй половины 60-х годов.

Проектирование такого реактора электрической мощностью 1000 МВт и было начато в 1965 г. конструкторским бюро завода «Большевик» (Ленинград) — одного из крупнейших изготовителей оборудования для промышленных реакторов, а НИКИЭТ осуществлял разработку технологического канала. Конструкция канала базировалась на использовании освоенных к тому времени промышленностью малопоглощающих нейтроны сплавов циркония, обладавших приемлемыми механическими свойствами при повышенных температурах, что должно было существенно повысить физическую экономичность реактора.

Представленный заводом «Большевик» технический проект реактора (индекс Б-190) был рассмотрен на секции НТС Минсредмаша СССР и по ряду недостатков (сложность, малая надежность, очевидные трудности в эксплуатации целого ряда узлов) был отклонен. Корректировка, а, по существу, разработка нового проекта реактора (будущего РБМК-1000) была поручена НИКИЭТ. Ее возглавил Н. А. Доллежалъ. Научное руководство проектом осуществляли А. П. Александров и С. М. Фейнберг. Непосредственно разработкой конструкции реактора в институте руководили Ю. М. Булкин и К. К. Полушкин, а разработкой проектов систем контроля, управления и защиты реактора — И. Я. Емельянов.

К созданию реактора был привлечен ряд ведущих институтов и конструкторских бюро страны — Центральный научно-исследовательский институт проектирования стальных конструкций, Всесоюзный институт авиационных материалов, Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов, Опытно-конструкторское бюро машиностроения, Центральное конструкторское бюро машиностроения, Научно-исследовательский институт графита, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов, Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии и др., проектирование первой (Ленинградской) АЭС с РБМК-1000 осуществлялось ГИ ВНИПИЭТ.

Проект реактора явился результатом напряженного творческого поиска большой группы специалистов НИКИЭТ и других организаций сумевших предложить и обосновать теоретическими и экспериментальными работами целый ряд оригинальных, часто на уровне изобретений, решений сложных научно-технических задач. К ним, в частности, можно отнести разработку прочноплотного и стойкого соединения стали и циркония, обладающих существенно различными коэффициентами термического расширения, «колец твердого контакта», обеспечивающих надежный теплоотвод от графитовой кладки к каналам реактора и позволяющих беспрепятственно извлекать каналы, системы локального контроля регулирования и защиты реактора, особенно важной при больших размерах активной зоны, системы пе-



Центральный зал реакторного отделения I блока ЛАЭС

регрузки топливных кассет на работающем реакторе, обеспечивающей значительное повышение его экономичности за счет сокращения неизбежных для других аппаратов простоев при замене выгоревшего топлива, системы аварийного охлаждения многоканальной активной зоны реактора, эффективных сепарационных устройств, мощных циркуляционных насосов, металлоконструкций повышенной надежности и т. д.

В июне 1967 г. откорректированный технический проект реактора РБМК-1000 был рассмотрен и одобрен Научно-техническим советом Минсредмаша СССР. Началась разработка рабочей документации и передача ее заводам-изготовителям. Уже в январе 1971 г. оборудование стало поступать для монтажа на

строительную площадку Ленинградской АЭС, а 21 декабря 1973 г. был осуществлен энергетический пуск первого блока ЛАЭС с реактором РБМК-1000.

После пуска первого энергоблока работы по строительству аналогичных АЭС были развернуты широким фронтом. С 1975 по 1985 гг. были введены в строй еще 13 энергоблоков с РБМК-1000. Одновременно интенсивно совершенствуются конструкции реакторов, системы контроля и управления энергоустановкой в целом. Массовое строительство энергоблоков с РБМК-1000 стало базой развития крупномасштабной ядерной энергетики в СССР — одной из важных составляющих его топливно-энергетического комплекса.

Большой вклад в становление этой базы, помимо уже упомянутых руководителей проекта, внесли Ю. М. Черкашов, А. Д. Жирнов, В. Г. Аден, О. А. Шатская, А. П. Сироткин, С. П. Кузнецов, В. И. Крылова, В. В. Рылин, Г. М. Кондратьев, Е. Ю. Ривкин, Ю. Н. Клементьев, К. В. Петрочук, М. И. Егоров, В. П. Василевский, С. Л. Уманская, В. А. Суроегин, В. П. Потапова, Б. В. Лысиков, А. А. Петров, Б. Г. Парфенов, В. В. Шевченко, Л. В. Константинов, Л. В. Решетин, А. П. Веселкин, В. В. Постников, Ю. Э. Хандомиров, П. А. Гаврилов, В. Н. Тюрин, Л. Н. Подлазов, Г. Н. Шевелев и многие другие сотрудники НИКИЭТ. Труд ряда из них отмечен государственными наградами, Государственными премиями и премиями Совета Министров СССР.

Дальнейшим шагом в развитии АЭС с РБМК явилась разработка проекта реактора с увеличенной в полтора раза мощностью при практически тех же капитальных затратах. Развернутые исследования, опытно-конструкторские работы и натурные проверки показали, что за счет усовершенствования тепловыделяющей сборки и использования в ней завихрителей потока кипящего теплоносителя можно интенсифицировать теплообмен и, следовательно, выход пара.

Результаты проведенных обстоятельных стендовых и реакторных испытаний дали возможность НИКИЭТ совместно с ИАЭ им. И. В. Курчатова обосновать предложение о сооружении станции с РБМК электрической мощностью 1500 МВт. После его одобрения и принятия соответствующего решения строительство голов-

ной станции с двумя энергоблоками РБМК-1500 было начато в Литовской республике на берегу оз. Друкшай. Первый блок станции пущен в эксплуатацию в 1983 г., второй — в 1987 г., и они обеспечивают в настоящее время электроэнергией не только нужды самой республики, но и соседних государств.

Конец 80-х годов стал временем ввода не только последнего из действующих блоков с РБМК, но и фактически совпал с началом длящегося и по сей день процесса стагнации ядерной энергетики сначала в СССР, а теперь в России. Этот процесс обязан своим рождением не каким-то чисто отечественным особенностям, он характерен для большинства развитых стран, не реализовавших многообещающие прогнозы 60—70-х годов, и лишь усугубляется современными трудностями российской экономики. Свою, и весьма глубокую по последствиям для судеб ядерной энергетики, роль сыграла и авария в 1986 г. на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС с РБМК-1000. Прежде всего это выразилось в травмировании общественного мнения, в накале антиядерных эмоций и в широко распространившихся на их волне зарубежных мифах, направленных на дискредитацию отечественной ядерной энергетики.

Сотрудники института практически всех специальностей с первого дня аварии приняли непосредственное участие в обследовании аварийного энергоблока для оценки его состояния, в анализе причин катастрофы и выработке мероприятий по ограничению и ослаблению последствий аварии. Результаты этой весьма напряженной работы позволили также выработать и принять первоочередные меры по повышению безопасной эксплуатации работающих АЭС и оперативно возобновить эксплуатацию остановленных на самой ЧАЭС блоков до начала зимнего сезона.

Сегодня, когда после аварии на ЧАЭС прошло уже более 12 лет, когда отечественными, а с 1987 г. и зарубежными специалистами проведены многочисленные исследования ее причин (с последовательным совершенствованием методик, способов и средств анализа происшедших в реакторном блоке процессов), результатами исследований подтверждается, что первопричиной аварии явилось крайне маловероятное сочетание нарушений порядка и режима эксплуатации, допущенных персоналом

энергблока, заблокировавшим и системы аварийной защиты реактора. Катастрофические размеры авария приобрела в связи с тем, что реактор был приведен персоналом в такое нерегламентное состояние, в котором существенно усилилось влияние положительного коэффициента реактивности на рост мощности. Сказались также недостаточное быстродействие системы управления и защиты и особенности конструкции стержней СУЗ.

Результаты исследований причин чернобыльской аварии дали также возможность определить, разработать и последовательно внедрять меры повышения безопасности и эксплуатационной надежности энергблоков с РБМК. Они, в частности, включают:

снижение положительного парового коэффициента реактивности за счет введения дополнительных поглотителей в активную зону;

повышение обогащения топлива;

увеличение эффективности и быстродействия аварийной защиты;

организацию системы аварийной защиты по снижению оперативного запаса реактивности;

введение дополнительной системы аварийных сбросов парогазовой смеси из реакторного пространства, позволяющей защитить конструкции реактора даже при маловероятном одновременном разрыве нескольких технологических каналов;

ужесточение регламентных требований и инструкций по эксплуатации.

Усовершенствование оборудования, систем, средств контроля и управления действующих энергблоков с РБМК продолжается. Это — один из факторов эффективности их эксплуатации, подтверждаемой стабильно более высокими, по сравнению с другими типами давно используемых в стране и за рубежом реакторов, показателями, в том числе и характеризующими безопасность.

Еще в ходе создания и освоения первых блоков с РБМК-1000 в институте развернулись работы по повышению тепловой экономичности этого типа аппаратов. Соответствующий проект получил обозначение РБМКП. В нем предлагалась оригинальная конструкция реактора (ее разработкой руководил В.И. Михан) — секционно-блочная с прямоугольной в плане активной зоной. По проекту реактор состоял из отдельных секций, образывавших



Е. О. Адамов

две испарительные и одну перегревательную зоны. Расчетная мощность блока с РБМКП составляла 2400 МВт. В нем предполагалось вырабатывать пар с температурой 450 °С при давлении 70 кгс/см².

Проект АЭС с РБМКП разрабатывался в Ленинградском отделении института «Гидропроект». Как показывали расчеты, технико-экономические показатели АЭС с РБМКП были в то время наилучшими в сравнении с характеристиками других станций. Был проведен большой комплекс опытно-конструкторских работ. Шла уже отработка конструкций на заводах-изготовителях. Практически были готовы решения о строительстве головного энергблока. Однако начавшийся застой в ядерной энергетике, чернобыльская авария привели к прекращению работ по этому весьма интересному и перспективному проекту.

Драматичный для ядерной энергетике страны 1986 г. стал также годом изменений в дирекции НИКИЭТ. Н.А. Доллежал, бессменно руководивший в течение 34 лет всеми работами института, по состоянию здоровья уходит с

поста директора и главного конструктора. Новым директором назначается Е.О. Адамов. Начинаются и связанные как с уроками аварии, так и с преобразованиями в жизни страны, изменения в содержании, формах и стиле деятельности коллектива. При всей сложности этих процессов важно было не допустить крайностей, сохранить и развить то ценное, что было создано институтом за предшествующие годы, и, в первую очередь, по доказавшему практикой свою эффективность канальному направлению ядерных энергетических реакторов, которое подвергалось не столько объективной критике специалистов, сколько некомпетентному критиканству.

Последующие годы работы НИКИЭТ показали, что это в основном удалось сделать, обеспечив и решение «горячих» задач по действующим и строившимся АЭС с РБМК, и создание научно-технического задела по новым реакторам этого типа. Таким заделом, в частности, стал проект МКЭР-800.

Многопетлевой кипящий энергетический реактор — МКЭР-800. Разработка проекта энергоблока с этим реактором электрической мощностью 800 МВт, осуществляемая под руководством Ю.М. Черкашова и А.А. Петрова в НИКИЭТ совместно с РНЦ «Курчатовский институт», ГИ ВНИПИЭТ и АЭП, является дальнейшим развитием канальных уран-графитовых реакторов с кипящей водой, направленным на достижение уровня их безопасности, удовлетворяющего современным отечественным и международным требованиям, предъявляемым к реакторам повышенной безопасности.

Достижение повышенного уровня безопасности энергоблока с МКЭР-800 предусмотрено обеспечить за счет:

- глубокоэшелонированной защиты, включающей также прочно-плотную защитную оболочку;

- многопетлевой модульной конструкции реактора;

- всережимной естественной циркуляции теплоносителя;

- активной зоны, обладающей отрицательным паровым и мощностным эффектами реактивности и отрицательным эффектом реактивности при обезвоживании;

- системы аварийного расхолаживания реактора пассивного принципа.

Энергоблок МКЭР-800 (его проектные разработки выполнены применительно к площадке ЛАЭС) рассматривается прежде всего в качестве замещающего энергоблоки с РБМК-1000 по мере выработки их ресурса, с максимальным использованием имеющихся на этих АЭС общетехнических стационарных систем, зданий и сооружений.

Реакторы корпусного типа с кипящей водой. Потенциальные возможности НИКИЭТ в области ядерной энергетики позволяли не ограничиваться направлением канальных уран-графитовых реакторов, а осуществлять разработку реакторных установок и других типов.

В частности, в конце 60-х годов, после получения положительного опыта эксплуатации в НИИАР опытного корпусного реактора с кипящей водой ВК-50 осуществлена разработка проектов реакторных установок этого типа для АЭС и АТЭЦ. Был предложен унифицированный ряд реакторов электрической мощностью 12, 25, 50 и 100 МВт в одном блоке.

С уже упоминавшимися ограничениями в изготовлении корпусов больших размеров связана также оригинальная для отечественной реакторной техники разработка реактора с кипящей водой, осуществленная НИКИЭТ совместно с институтом «Гидропроект». В 1970—1975 гг. был выполнен технический проект реактора электрической мощностью 500 МВт в корпусе из предварительно напряженного железобетона. Такая концепция, базирующаяся на использовании свойств железобетона, исключаящих мгновенную разгерметизацию корпуса, существенно повышала безопасность АЭС.

В начале 90-х годов возникла необходимость замещения другим ядерным энергоисточником выводимого из эксплуатации на Красноярском горно-химическом комбинате реактора-наработчика АДЭ. На проведенном Минатомом РФ конкурсе из 17 предложенных различными разработчиками реакторных установок одними из лучших оказались показатели у корпусного реактора с кипящей водой ВК-300. Электрическая мощность одного энергоблока с этим реактором — до 250 МВт, он обеспечивает также выработку (в теплофикационном режиме) до 400 Гкал/ч отопительного тепла. Особенности этого проекта НИКИЭТ в части удовлетворения повышенным требованиям по

безопасности — использование только пассивных систем, введение страховочного корпуса, локализирующего теплоноситель даже при значительной разгерметизации корпуса реактора или полной потере электропитания собственных нужд.

Реакторы бассейнового типа для теплоснабжения. Среди проблем развития энергетики важное место занимает задача обеспечения теплом, решение которой во многих случаях может быть успешно осуществлено с помощью ядерной энергии. Как известно, теплоснабжение от электроснабжения отличается большим разнообразием параметров греющего теплоносителя, потребных мощностей источников тепловой энергии, необходимостью близкого расположения источников тепла от потребителей. Последнее условие определяет особые требования по безопасности атомных станций теплоснабжения (АСТ).

С учетом этого обстоятельства в НИКИЭТ во второй половине 80-х годов были начаты разработки АСТ с реакторами бассейнового типа, отличающимися простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, повышенной безопасностью. Проработано несколько модификаций такой АСТ, получившей по названию энергоисточника обозначение РУТА (реакторная установка для теплоснабжения с атмосферным давлением в реакторе). АСТ РУТА может работать и автономно, полностью обеспечивая теплоснабжение населенного пункта, и встраиваться в уже существующие системы теплоснабжения, до этого работавшие от источников на органическом топливе.

На основе выполненных работ в 1994 г. институт совместно с другими организациями подготовил предложение с необходимыми технико-экономическими обоснованиями о строительстве в г. Апатиты Мурманской области четырехблочной АСТ РУТА с тепловой мощностью каждого реактора 55 МВт. Это предложение получило поддержку администрации области и Минатома РФ.

КОРАБЕЛЬНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Параллельно с разработкой промышленных реакторов и реактора для Первой в мире АЭС

в институте были развернуты работы по созданию ядерной установки для подводной лодки.

Как известно, одним из важнейших итогов второй мировой войны и последующего развития военной техники явилось признание высокой боевой эффективности подводного флота в решении стратегических и тактических задач. Однако фактически все корабли этого типа были «ныряющими», поскольку продолжительность их пребывания в подводном положении, со всеми вытекающими отсюда преимуществами, существенно ограничивалась необходимостью периодических всплытий для зарядки аккумуляторных батарей, а автономность (нахождение в отрыве от баз) — запасами топлива на борту.

Конкретные работы по корабельной ядерной энергетической установке (ЯЭУ) начались в октябре 1952 г., после выхода основополагающего постановления правительства. Были твердо определены цель и задачи проекта, сроки работ, их исполнители. Главным конструктором корабля был назначен В.Н. Перегудов, научным руководителем — А.П. Александров, главным конструктором энергоустановки — Н.А. Доллежал. Общее руководство работами и созданной для их координации секции научно-технического совета Первого главного управления (ПГУ) при СМ СССР (будущего Минсредмаша) возлагалось на В.А. Малышева. Предусматривалась также необходимость создания под руководством Н.А. Доллежала специального научно-исследовательского института № 8 (НИИ-8), который, выполняя функции генерального разработчика ЯЭУ, должен был объединять и направлять усилия большого числа привлеченных к работам организаций. В частности, разработка турбоагрегата выполнялась под руководством М.А. Казака (ОКБ Кировского завода), парогенератора — Г.А. Гасанова (СКБК Балтийского завода), циркуляционных насосов первого контура — Н.М. Синева (ЦКБМ), разработка же реакторной установки (позднее она стала называться паропроизводящей — ППУ) — в НИИ-8. Перед группой конструкторов и исследователей института стояла чрезвычайно трудная, но, несомненно, увлекательная задача. По существу, основные технические решения были на уровне изобретений, так как никаких примеров и опыта создания подобных

устройств в стране в то время не было. Важную роль в поиске этих решений сыграло тесное творческое взаимодействие сотрудников НИИ-8 со специалистами Лаборатории измерительных приборов АН СССР (Лаборатории № 2).

Сложный период выбора направления работ был преодолен достаточно быстро. Уже в начале 1953 г. секция совета ПГУ одобрила представленный А.П. Александровым и Н.А. Доллежалем основной вариант реактора, в котором в качестве замедлителя нейтронов и теплоносителя должна была использоваться вода под давлением. Обсуждавшееся на ранних стадиях и сформулированное позднее предложение о применении жидкого металла как теплоносителя в реакторе в дальнейшем было выделено в самостоятельное направление, которое возглавил А.И. Лейпунский.

Конструкторские разработки реактора и другого оборудования и систем ППУ в НИИ-8 возглавлялись П.А. Деленсом, а с 1954 г. под руководством И.Я. Емельянова развернулись работы по системе управления и защиты реактора. Интенсивно в институте и других привлеченных организациях создавались новые или модернизировались существующие экспериментальные стенды. Компонентные решения, особенно важные для подводной лодки, проверялись на сооружавшемся одновременно с проектированием макете реакторного отсека АПЛ.

Весьма значимым для всех последующих работ по ЯЭУ стало правительственное решение, принятое в 1953 г. по инициативе В. А. Малышева, о сооружении, параллельно с созданием ЯЭУ для подводной лодки, наземного стенда для полномасштабных испытаний энергоустановки. Местом размещения стенда была выбрана территория Физико-энергетического института (г. Обнинск). В короткие сроки с решением большого числа сложных научных, конструкторских и технологических вопросов было изготовлено и смонтировано оборудование ЯЭУ, завершено строительство стенда, и 8 марта 1956 г. был осуществлен пуск установки. Полученные в ходе сооружения и испытаний стенда данные оперативно учитывались при создании ЯЭУ первой подводной лодки, строительство которой по решению прави-

тельства было начато в 1955 г. на заводе в г. Северодвинске.

Для изготовления ППУ были привлечены крупные промышленные предприятия различных ведомств: Завод № 92, Кировский и Балтийский заводы, Завод № 12 и др. Реактор и другое оборудование первого контура установки изготовлялось на Заводе № 92. В целях ускорения сроков разработки рабочего проекта и оперативной адаптации его к техническим возможностям завода, в его конструкторское бюро во второй половине 1954 г. была командирована большая группа конструкторов НИИ-8 во главе с П. А. Деленсом, которая совместно со специалистами заводского бюро (ныне ОКБМ), руководимыми И.И. Африкантовым и Ю.Н. Кошкиным, обеспечивала быструю передачу разработанной документации в цеха завода и авторское сопровождение изготовления оборудования стендовой и штатной установок.

Как уже отмечалось, подводная лодка была заложена на стапеле судостроительного завода в г. Северодвинске в сентябре 1955 г. и спущена на воду в августе 1957 г. В течение 1958 г. были проведены испытания ЯЭУ в составе АПЛ, а в конце 1958 г. первая в стране подводная лодка с ядерной энергоустановкой, названная «Ленинский комсомол», была принята ВМФ в опытную эксплуатацию. Испытания подтвердили, что сложнейшая задача создания ЯЭУ для АПЛ принципиально решена. Характеристики ее удовлетворяли требованиям ВМФ, что явилось основанием для начала строительства большой серии различных проектов АПЛ первого поколения, находившихся на вооружении вплоть до 90-х годов.

За заслуги в создании первой корабельной ЯЭУ НИИ-8 был награжден орденом Ленина, а большое число его сотрудников получили государственные награды. Среди них были как руководители разработки и уже опытные специалисты — Н. А. Доллежал, П. А. Деленс, И. Я. Емельянов, М. П. Сергеев, В. Ф. Гусев, В. В. Рылин, В. Н. Аксенова, А. Г. Филиппов, О.А. Шатская, Н.Г. Моргунов, Н.В. Законнов, А.А. Проловочич, А.Ф. Гришаев, В.А. Андреев, С.Л. Уманская, так и молодые инженеры (недавние выпускники вузов) — Ю. М. Булкин, Г. А. Станиславский, Н. П. Дорофеев, А. Д. Жирнов, М.И.Егоров, Ю.П.Носков, В.И.Михан, В. В. Гурьев, А. П. Веселкин,

Б.П. Папковский, В.К. Уласевич, Г.И. Гречко, А.А. Найденышев, К.К. Полушкин и др.

В ходе строительства последующих подводных лодок, их эксплуатации, в процессе интенсивных испытаний стендовой установки оперативно выявлялись различного рода недостатки, связанные главным образом с несовершенством технологии изготовления оборудования, качеством используемых материалов, неотработанностью приемов эксплуатации ЯЭУ, новизной протекающих в ней процессов. Одновременно в НИИ-8 и других привлеченных к решению проблемы организациях выполнялись широкомасштабные НИОКР, результатом которых явились не только совершенствование конкретных технических решений и технологий, но и выработка нормативных документов по качеству и контролю материалов, процессов изготовления и испытаний, по обеспечению безопасной эксплуатации. Эти нормативы стали одной из основ проектирования ЯЭУ последующих поколений АПЛ.

Научно-техническая значимость создания ЯЭУ для первых отечественных АПЛ заключается не только в успешном решении поставленной задачи, позволившей на основе массового строительства атомных подводных лодок первого поколения качественно изменить оборонный потенциал военно-морских сил страны, но и в том, что это решение, по существу, определило основополагающие подходы, принципы формирования и структуру ядерных источников энергии для использования на кораблях и судах. Развивая эти подходы и принципы применительно к требованиям ВМФ об улучшении тактико-технических характеристик АПЛ, конструкторы, физики и другие специалисты НИИ-8 в содружестве с сотрудниками ИАЭ им. И.В.Курчатова Г.А. Гладковым, Б.А. Буйницким, А.Н. Проценко и др. уже в конце 1956 г. параллельно с работами по установке первого поколения разработали проект новой ППУ для АПЛ. В этом проекте впервые была предложена блочная компоновка основного оборудования установки, позволявшая в совокупности со значительным улучшением физических, теплогидравлических и динамических характеристик существенно повысить безопасность ППУ. Хотя этот проект и не был реализован, он стал исходным для ППУ АПЛ второго и третьего поколений, и, в

частности, первой из них — разработанной НИИ-8 и ИАЭ установки В-5. ППУ В-5 — самая мощная в мире установка для АПЛ того времени (60-е годы), что в сочетании с совершенством корабельных решений, использованием впервые в мире титановых сплавов в качестве материала корпуса подводной лодки и другими особенностями позволило этой опытной АПЛ достигнуть непревзойденной до сегодняшнего дня скорости подводного хода.

Одновременно с разработкой новых проектов институт вместе с заводами-изготовителями, судостроителями и ВМФ продолжал активно совершенствовать первую ППУ, обеспечивая повышение надежности и ресурса работы ее оборудования и систем, улучшение конструкторских и технологических решений, методов и средств контроля и управления, способов и приемов эксплуатации. Массовое строительство и ввод в строй АПЛ первого поколения делали эти работы весьма значимыми, и их успешное выполнение было отмечено Ленинскими и Государственными премиями, орденами и медалями. Среди награжденных — В. Г. Аден, О. А. Шатская, П. А. Деленс, М. Е. Нетеча, Б. И. Рогатных, И. А. Стенбок, О. Л. Щипакин, И. Х. Ганев, В. А. Быков, В. В. Ситникова, А. М. Ильин, Г. Р. Алявдин, П. А. Гаврилов, Т. А. Глазкова, И. Г. Коровянский, Н. В. Уласевич, В. А. Мазокин, Э.Т. Семин и другие сотрудники НИИ-8.

Творческий потенциал коллектива, его возросшие исследовательские и производственные возможности реализовались во второй половине 60-х годов в следующем качественно важном шаге в развитии энергоустановок. Значение этого шага выходит за рамки корабельной тематики, поскольку последующие годы выявили сходную мировую тенденцию разработчиков ЯЭУ различного назначения. Речь идет о моноблочных (интегральных) установках, в которых основное оборудование ППУ (активная зона, парогенератор, циркуляционные насосы, компенсатор давления, исполнительные механизмы СУЗ и др.) размещается в едином корпусе парогенерирующего агрегата (рис. 1). Проект такой моноблочной установки (МБУ) впервые был предложен НИКИЭТ (П. А. Деленс, Н. П. Дорофеев, Г. И. Гречко, А. П. Веселкин, Л. А. Адамович, Ю. П. Носков, В. В. Румянцев, О. Я. Шах,

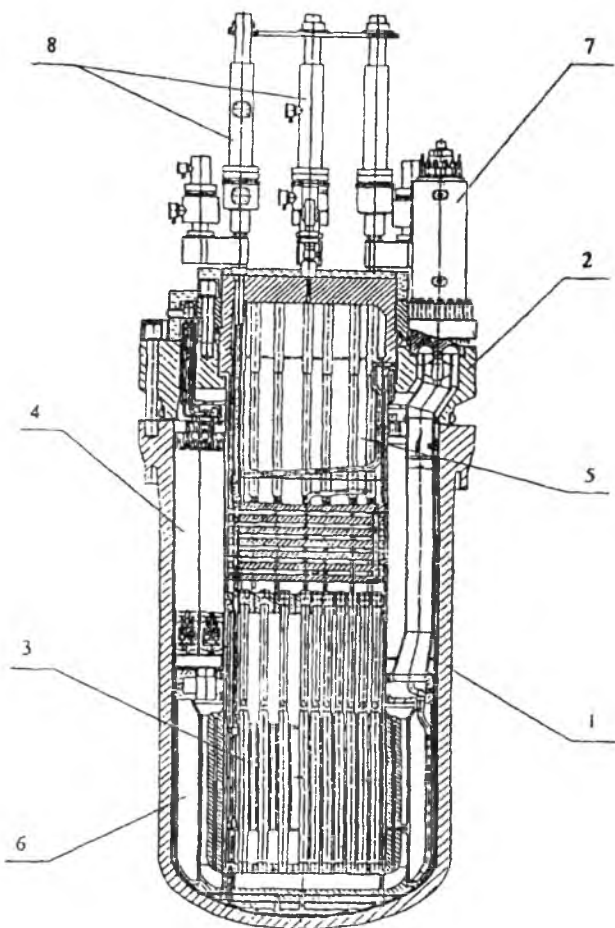


Рис. 1. Моноблочный парогенерирующий агрегат:

1 — вход питательной воды; 2 — циркуляционный насос; 3 — исполнительный механизм СУЗ; 4 — выход пара; 5 — парогенератор; 6 — корпус; 7 — активная зона

А. А. Проволович, А. Д. Жирнов, И. Х. Ганев, А. Г. Филиппов, А. К. Бялко) и СКБК (Н. С. Белоусов, В. Б. Аваков). Выполненные конструкторские, расчетные и экспериментальные исследования, изготовление и испытания опытных образцов ряда основных частей ППУ убедительно обосновали реальность осуществления и перспективность использования таких установок не только для военных кораблей, но и для гражданской атомной энергетики.

Наиболее отличившиеся в создании и внедрении в серию моноблочных ППУ специалисты института были отмечены присуждением в 1994 г. Государственной премии Российской Федерации Н. П. Дорофееву и В. А. Шишкину, а также присвоением почетных званий России

Г. А. Станиславскому, В. С. Буробину, Г. И. Гречко, С. В. Онищенко.

В конце 70-х — начале 80-х годов был реализован и проверен в ходе длительных испытаний еще один оригинальный проект вспомогательной атомной энергоустановки, разработанный специалистами НИКИЭТ и Калужского турбинного завода. В ней впервые для корабельных ЯЭУ отвод тепла от активной зоны осуществлен при естественной циркуляции теплоносителя в реакторе. Испытания подтвердили высокую надежность установки, ее хорошие динамические характеристики, безопасность эксплуатации. Большой вклад в создание этой, не имеющей аналогов в мире, ЯЭУ внесли В. Н. Аксенова, А. П. Веселкин, В. А. Мазокин, А. М. Шатохин, В. А. Быков, А. М. Ильин, И. А. Стенбок, С. Л. Уманская, В. П. Перфильев, В. А. Рабичев, Б. В. Лысиков, Г. А. Станиславский, В. В. Кондратьев, П. А. Гаврилов, А. В. Никитин, Ю. Н. Борисов, А. К. Бялко, В. И. Грачев, Л. Н. Подлазов, С. В. Онищенко, В. К. Зайцев, И. В. Ковалев, А. В. Кольцов.

С начала 90-х годов одним из важнейших направлений деятельности НИКИЭТ в области корабельной атомной энергетики стало также решение задач, связанных с необходимостью утилизации АПЛ, поскольку из-за истечения сроков службы, а также в соответствии с международными обязательствами об ограничении стратегических вооружений атомные подводные лодки интенсивно выводятся из состава российского ВМФ. Обвальная характер этого процесса привел к тому, что большинство их вынуждено располагаться в акваториях баз ВМФ и судоремонтных заводов (СРЗ). Решение этой крупномасштабной и острой для страны проблемы потребовало развертывания институтом с привлечением специалистов ведущих организаций Минатома, Минобороны и Минобороны комплекса НИОКР, направленного, в первую очередь, на обеспечение ядерной, радиационной и экологической безопасности процесса снятия АПЛ с эксплуатации. При этом одной из наиболее сложных научно-технических задач является разработка технологии обращения с реакторными отсеками АПЛ, в которых расположено радиоактивное оборудование ППУ. Суть предложенного НИКИЭТ совместно с соисполнителями решения этой задачи заключается в том, что ре-

акторный отсек подводной лодки рассматривается как уже существующий (естественный) контейнер с радиоактивным оборудованием, который после выгрузки активных зон из реакторов герметизируется и выдерживается (хранится) 50—70 лет в специально оборудованных пунктах длительного хранения для снижения активности оборудования за счет естественного распада доминирующих радионуклидов, содержащихся в оборудовании ППУ. По окончании выдержки реакторный отсек может быть утилизирован с окончательным захоронением той части оборудования, которая из-за ее радиоактивности не подлежит полезному использованию.

РЕАКТОРЫ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Во второй половине 50-х годов в стране начались исследования по поиску возможностей использования энергии деления ядер в еще одной области техники — ракетно-космической. Формировались общие подходы к проблемам разработки и создания ядерных ракетных двигателей (ЯРД). Начальные проработки выявили несомненные достоинства использования в качестве источника энергии ядерного реактора, который при нагреве в нем водорода до температур ~3000 К давал возможность без ощутимых ограничений по продолжительности работы обеспечить более чем двухкратное увеличение (по сравнению с использованием химического топлива) такой важнейшей характеристики ракетных двигателей, как удельный импульс.

В ходе работ был сформулирован и один из основных принципов отечественной концепции реакторов ЯРД — гетерогенная структура активных зон, т. е. образование их из самостоятельных тепловыделяющих сборок (ТВС), в каждой из которых обеспечивается нагрев рабочего тела ЯРД до требуемой температуры. Такая структура, требуя использования высокотемпературных композиций только для элементов ТВС, предоставляет более широкие возможности для выбора материалов других компонентов активной зоны. Помимо этих преимуществ, характерных для реакторов канального типа, она позволяет также с меньшими затратами времени и средств обеспечить

автономную комплексную отработку ТВС как наиболее значимого звена в конструкции реактора ЯРД.

Принцип формирования реакторов ЯРД и, соответственно, подходы к отработке основной, определяющей их конструкцию и работоспособность, составной части активной зоны, выражены в идеологии разработанного в НИКИЭТ уникального реактора ИВГ-1, создание и последующая эксплуатация которого стали важнейшими этапами работ по ЯРД в нашей стране.

Высокотемпературные твэлы и ТВС для реактора ИВГ-1 создавались в НИИ НПО «Луч», а научное руководство при разработке и эксплуатации реактора, обоснование его нейтронно-физических характеристик и ядерной безопасности осуществлял ИАЭ им. И.В. Курчатова. Основные узлы реактора изготовлены на производственных базах НИКИЭТ, НПО «Луч», АО «Ижорские заводы». Стендовый комплекс для эксплуатации реактора был сооружен в начале 70-х годов на территории Семипалатинского полигона по проекту ГИ ВНИПИЭТ, и с 1975 по 1985 гг. реактор ИВГ-1 использовался по программе отработки активных зон преимущественно для реакторов ЯРД.

Реактор ИВГ-1 — гетерогенный канально-корпусной аппарат на тепловых нейтронах с газовым охлаждением ТВС и водяным замедлителем. Его активная зона формируется из 30 ТВС, а в центре расположен петлевой канал, в котором в зависимости от поперечного размера может размещаться до 7 ТВС с твердым замедлителем снаружи. Такая конфигурация активной зоны давала возможность осуществлять групповые и петлевые испытания ТВС при различных мощностных и температурных параметрах. Учитывая экспериментальный характер аппарата, необходимость отработки в нем ТВС, ряд узлов которых должен испытываться в условиях, близких к предельным по работоспособности применяемых материалов, новизну реализуемых режимов испытаний, большое внимание при разработке конструкции реактора было уделено обеспечению последовательной локализаций опасных последствий отклонений от прогнозируемых процессов нагрева рабочего тела, безопасности работ при

подготовке испытаний и их проведении, удобства замены испытываемых изделий и т. д.

Реактор был спроектирован с большим потенциалом экспериментальных возможностей, его расчетная тепловая мощность — 720 МВт. При групповых испытаниях, когда температуры нагрева водорода во всех ТВС активной зоны примерно одинаковы (например 3000 К), обеспечивалась возможность испытаний тепловыделяющих сборок с размерами, типичными для реакторов ЯРД тягой до 400 кН. В режиме петлевых испытаний, при формировании активной зоны крупными ТВС и снижении температуры водорода на выходе из них (например до 1600—1900 К), в центральном петлевом канале реактора могла испытываться ТВС для реактора ЯРД тягой до 2000 кН.

За время эксплуатации реактора было испытано более 200 различных тепловыделяющих сборок при нагреве в них не только водорода, но и азота. Эти испытания служили целям отработки ТВС для реакторов различного назначения, и, прежде всего, по программе создания ЯРД.

В процессе испытаний ТВС в реакторе ИВГ-1 были достигнуты рекордные показатели как по температуре нагрева водорода (3100 К), так и по ресурсу их работы (~4000 с).

Создание принципиально нового по конструкции и экспериментальным возможностям реактора ИВГ-1, сооружение и ввод в действие обеспечивающего его работу сложнейшего стенда с подземными и наземными сооружениями с высоким уровнем безопасности процессов подготовки и проведения испытаний, их автоматизации потребовали больших творческих усилий многих конструкторов, исследователей, проектантов, эксплуатационного персонала. Среди них специалисты НИКИЭТ — И. Я. Емельянов, В. К. Уласевич, В. П. Сметанников, П. А. Гаврилов, С. С. Кочетков, В. Д. Колганов, П. А. Исаев, Ю. М. Никитин, А. Л. Круглов, В. В. Гурьев, Е. И. Миرون, А. Н. Обухов, С. В. Онищенко, Е. М. Кузьмин, О. Н. Логачев, Л. И. Поляков, В. М. Иванов, А. И. Громова, А. Г. Филиппов, А. Д. Ярочкин, Г. П. Горошкин, Р. В. Гребенников, Р. Р. Ионайтис, Б. В. Лысиков, Б. С. Червяков и др.

Комплекс выполненных работ был отмечен в 1980 г. Государственной премией СССР (в

НИКИЭТ ею награждены П. А. Гаврилов и В. К. Уласевич), а аппарат ИВГ-1 стал основной экспериментальной базой для реакторных исследований основных компонентов активных зон ЯРД.

В дальнейшем экспериментальная база усилиями специалистов сложившейся при создании реактора ИВГ-1 кооперации организаций Минатома, а также ракетно-космической промышленности пополнилась другими исследовательскими средствами. Был создан исследовательский реактор РА тепловой мощностью до 400 кВт для экспериментальной отработки элементов активных зон в режимах длительной эксплуатации ядерных космических энергоустановок. Результаты проведенных в этом реакторе исследований в совокупности с научно-техническим и технологическим потенциалом, накопленным при создании и испытаниях реактора ИВГ-1, дали возможность НИКИЭТ совместно с соисполнителями уже в конце 80-х — начале 90-х годов продолжить работы по ядерно-космической тематике. Был выполнен ряд концептуальных проектов ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ), охватывающих широкий диапазон электрической мощности (от 10 до 400 кВт), исходя из ожидаемых потребностей в бортовой энергетике ближайшего и отдаленного будущего, включая радиолокацию, спутниковую связь, глобальный мониторинг окружающей среды, дистанционное энергоснабжение космических аппаратов, энергообеспечение Лунной базы и пр. Для указанных сфер применения ядерные энергодвигательные установки, использующие наработанную отечественную технологию ЯРД, вполне конкурентоспособны с энергоустановками на основе термоэмиссионных реакторов-преобразователей. Проекты свидетельствуют также о достаточно высоком уровне готовности технологий по компонентам ЯЭДУ к созданию ее демонстрационного образца в ближайшее десятилетие.

ПРОИЗВОДСТВЕННО- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ИНСТИТУТА

В предыдущих разделах рассказано о достижениях НИКИЭТ в самых различных областях реакторостроения. Естественно, этими достижениями институт, в первую очередь, обязан своим конструкторам, не только воплощав-

шим в технические решения самые смелые научные идеи, но и внедрявшим их с помощью конкретных изделий в жизнь. Вместе с тем процесс выработки этих решений, особенно в атомной технике, немыслим без участия специалистов по физике, материалам, прочности, теплогидравлике, системам и средствам контроля и управления и др. Всем им требуется с помощью макетов, опытных образцов и т.п. обеспечить возможность экспериментальной проверки как уже сложившихся решений, так и новых замыслов.

Первые производственные мастерские оказали большую помощь в создании экспериментальных изделий для проверки и доводки ряда оригинальных конструкций при разработке институтом мощных промышленных реакторов. По мере расширения задач и номенклатуры конструкторских разработок, особенно исследовательских реакторов различного назначения, мастерские преобразовывались в опытное производство. Были изготовлены узлы реакторов, исполнительные механизмы систем управления и защиты, электронная аппаратура этих систем для исследовательских реакторов СМ-2, ИГР, МИР, СВВ-1, ИР-50, а также атомной установки «Арбус» с органическим теплоносителем, которую первоначально предполагалось использовать для энергоснабжения научной станции СССР в Антарктиде. Нестандартная электронная аппаратура СУЗ, разработанная в институте, изготовлялась и для промышленных реакторов, а также Белоярской АЭС.

Процесс развития опытного производства существенно интенсифицировался в связи с работами НИКИЭТ по большой атомной энергетике и корабельным реакторным установкам. В 1962 г. институту для расширения производственной базы передаются недостроенные производственные здания по Амурской ул. (в Москве). В короткие сроки эти здания были реконструированы. В них был размещен комплекс современного технологического оборудования. В его составе крупные и прецизионные станки, оборудование для традиционной электрической, включая сварку в защитной среде, а также специальной (лазерной и диффузионной) сварки, средства контроля. Первыми изделиями, изготовленными на новых площадях, были узлы реактора ИБР-2, в

том числе уникальный поворотный отражатель диаметром около 2000 мм.

Ко второй половине 60-х годов производственная база НИКИЭТ была в основном сформирована в виде трех основных подразделений со следующей специализацией:

крупное реакторное оборудование, стенды для комплексных испытаний;

механическое оборудование систем управления, узлы радиационной защиты, экспериментальные образцы для испытаний;

электронная аппаратура систем контроля и управления.

Большой вклад в создание производственной базы и организацию ее работы по изготовлению широкого диапазона изделий внесли В. Ф. Гусев, Г. Е. Маслов, А. В. Корниенко, Г. Р. Алявдин, А. Н. Широков, В. И. Байков, А. Л. Круглов, В. И. Макаров, С. В. Онищенко, Ю. А. Сурков, М. Г. Золотов, А. А. Иппо, А. И. Салтыков, В. И. Назаров, Г. П. Зеленский, К. М. Ильин, В. М. Иванов и др.

Наличие хорошо оснащенного опытного производства позволило НИКИЭТ не только обеспечивать выполнявшиеся в нем НИОКР, но также изготавливать многие из компонентов разработанных институтом разнообразных реакторов и реакторных установок, включая и корабельные с особой приемкой, и поставлять их заказчикам. Среди изготовленных с конца 60-х годов изделий: узлы реакторов ИВВ-2М, ИВГ-1, ПИК, аппаратура СУЗ ряда АЭС с РБМК, многочисленные измерительные каналы, датчики энерговыделений и другие контрольные средства для этих реакторов, два комплекта всего реакторного оборудования вспомогательной транспортной энергоустановки, основные части моноблочных корабельных установок, различные исполнительные механизмы СУЗ и пр.

Важную роль опытное производство сыграло в становлении и развитии в 70–80 гг. экспериментально-стендовой базы института, включая и его Свердловский филиал. Были созданы автоматизированные теплогидравлические стенды с мощностями до 3 МВт для изучения теплообмена и гидродинамической устойчивости потоков теплоносителя в элементах активных зон энергетических реакторов при до- и закритических параметрах воды и пара, для проведения динамических экспери-

ментов при натуральных параметрах контуров с характерными временами в десятки миллисекунд, для комплексных, включая и климатические, проверок работоспособности натуральных образцов механизмов и приборов СУЗ, аэродинамические установки для отработки проточных трактов реакторов и другого оборудования, стенды для исследований поведения конструкционных материалов под напряжением в коррозионно-активных средах, установки получения и средства контроля состава особо чистых газов (водорода, азота и др.), стенды для изучения их взаимодействия с конструкционными материалами, опытные установки прямого преобразования (термоэмиссионные), стенды для исследований новых материалов радиационной защиты и др. Проектирование и сооружение стендов, постановка и проведение на них исследований, многие из которых были уникальными по своим методикам и полученным результатам, стали возможными благодаря творческому подходу и напряженному труду разработчиков и научных сотрудников, руководителей исследовательских подразделений института и его Свердловского филиала, среди которых — В. Н. Смолин, М. С. Фомичев, О. А. Шатская, Р. В. Гребенников, А. И. Громова, Б. В. Флоринский, Г. М. Калинин, Е. Ю. Ривкин, А. Я. Семьгин, Э. К. Карасев, Л. Н. Туркина, В. М. Филатов, Н. И. Гуров, Е. Б. Бурлаков, В. И. Зеленев, Л. П. Синельников, В. И. Власов, В. И. Барсанов, В. А. Сафонов, В. И. Перехожев, С. М. Вовк и др.

Серьезное преимущество НИКИЭТ — наличие собственных исследовательских реакторов ИВВ-2М (с комплексом камер) и ИР-50 (работал до 1995 г.). Это позволяет обеспечить проведение разнообразных исследований, связанных с воздействием реакторного излучения на конструкционные и защитные материалы, топливные композиции, макетные и опытные изделия (твэлы, датчики различного назначения, приборы и др.), проверкой прохождения излучения через радиационную защиту и ее оптимизацией. Реактор ИВВ-2М оснащен рядом уникальных облучательных устройств и петлевых установок, позволяющих проводить исследования образцов в различных средах при плотностях потока тепловых нейтронов до $1,4 \cdot 10^{14}$ нейтр/(см² · с) в диапазоне температур от криогенных до 3300 К.

Важно отметить, что возможности экспериментально-стендовой базы использовались не только в сугубо прикладных целях для обоснования технических решений по создаваемым институтом реакторам. Они позволяли получить новые, зачастую пионерные, научные данные, развивать на их основе глубокие теоретические обобщения, создавать научный задел для последующего применения в различных областях техники, формировать сильную научную составляющую коллектива института. В этой связи нельзя не отметить работы М. И. Егорова, А. П. Веселкина, В. Б. Смирнова, Ю. М. Никитина, Л. Н. Подлазова, А. Д. Жирнова, А. И. Клемина, М. Е. Нетечи, С. В. Европина, В. В. Герасимова, И. С. Лупакова, В. Н. Ершова, Л. А. Адамовича, Б. С. Родченкова, О. Ю. Новосельского, А. И. Ефанова, Б. И. Тараторина, Е. Н. Сеницына, И. А. Стенбока, Ю. В. Миронова, В. А. Решетова, И. Х. Ганева, В. В. Постникова, Ю. С. Кузьмичева, В. П. Сметанникова, Ю. В. Орлова, Ю. А. Егорова и др.

Удачное сочетание в институте инженеров-конструкторов, научных работников и производственников обусловило поступательное развитие НИКИЭТ и его достижения.

НИКИЭТ СЕГОДНЯ

Уже отмечалось, что на развитии отечественной атомной энергетики в конце 80-х — начале 90-х годов и, естественно, на работах института, как участника этого процесса, не могли не сказаться общемировое замедление темпов роста ядерных мощностей, экономическая ситуация в стране и послечернобыльская травма общественного сознания, оказавшегося невосприимчивым к объективной оценке состояния наших АЭС, прежде всего в области безопасности. Вместе с тем, очевидно, что перспективы развития промышленной энергетики, энергетики больших мощностей, уже не могут связываться только с природными органическими источниками энергии, запасы которых на планете неуклонно уменьшаются, а стоимость добычи возрастает.

Поэтому работы института нацелены на преодоление тех трудностей, которые возникли на пути развития атомной энергетики в последнее десятилетие.

Это находит свое отражение в следующих основных направлениях и исследованиях, проводящихся в настоящее время:

обеспечение совместно с эксплуатирующими организациями безопасной работы реакторов канального типа, вырабатывающих более 50% всей производимой на АЭС России электроэнергии;

разработка реакторных установок повышенной безопасности так называемого эволюционного типа, которые должны замещать в первые десятилетия следующего века эксплуатирующиеся сегодня энергоблоки по мере выработки их ресурса;

разработка реакторов-бридеров естественной безопасности, позволяющих, наряду с выработкой энергии, обеспечить трансмутацию долгоживущих нуклидов, исключить тем самым их накопление и сохранить радиационный баланс Земли;

поиск оптимальных технических решений по созданию термоядерных энергетических установок для атомных станций будущего.

Работы по действующим РБМК охватывают, во-первых, методические разработки и проведение с их помощью расширенных исследований безопасности конкретных энергоблоков, включая вероятностные анализы риска с целью выявления недостатков и оценки их значимости для безопасности, а во-вторых — выработку компенсирующих мероприятий, обеспечивающих реализацию динамического подхода к повышению безопасности в соответствии с изменяющимися возможностями и стандартами. Это направление деятельности включает создание в институте трехмерной программы моделирования динамики РБМК, исследования по ряду компонентов контура многократной принудительной циркуляции — канальным трубам в кладке, барабанам-сепараторам и др., разработки нетрадиционных систем и средств аварийной остановки реактора и удержания его в подкритическом состоянии, модернизацию СУЗ, работы по диагностике металла оборудования и трубопроводов, исследования ТВЭЛов и ТВС с уран-эргиевым топливом, повышающим не только безопасность, но и экономичность РБМК. Важным результатом уже проведенных по этому направлению исследований явилось понимание того, что освобожденный от эмоций и взвешенный подход

позволяет оценивать основные показатели российской атомной энергетики, в том числе характеризующие и ее безопасность, как не уступающие соответствующим показателям стран, давно эксплуатирующих АЭС. Рассмотрение же такого параметра, как кумулятивный коэффициент использования установленной мощности, показывает, что канальное направление реакторостроения остается наиболее экономически эффективным путем развития атомной энергетики в стране. Завершение в 1995 г. под эгидой КЕС и МАГАТЭ крупных международных проектов, в которых самое активное участие приняли и специалисты НИКИЭТ, положило конец и политическому мифу о специфической небезопасности реакторов, созданных в СССР, в том числе и РБМК.

Характерным примером работ института по второму направлению, нацеленному на ближайшую перспективу, является уже упоминавшийся проект МКЭР-800. Этот канальный реактор, как и разрабатываемые сегодня корпусные аппараты следующего поколения, является этапом понятного и, очевидно, обоснованного для современного состояния атомной энергетики эволюционного пути развития существующих технологий. Однако достаточно быстрое по историческим меркам истощение основных достоинств этого пути вынуждает уже сейчас прорабатывать возможности перехода к технологиям экономически эффективных реакторов-бридеров с естественной безопасностью, способных также исключить (или, во всяком случае, существенно ослабить) основной недостаток использования сегодняшних реакторов — неизбежное накопление долгоживущих нуклидов на нашей планете, нарушающее ее радиационный баланс.

Как показывают развернутые в институте расчетно-экспериментальные исследования и конструкторские проработки по третьему направлению, такими реакторами-бридерами могут быть охлаждаемые жидким свинцом аппараты, запасы и эффекты реактивности активных зон которых никогда не превысят долю запаздывающих нейтронов. Концепция подобного реактора (он получил название БРЕСТ) предусматривает его бассейновую конструкцию, что в совокупности со специальными схемными решениями предотвращает потерю теплоносителя в масштабах, приводя-

щих к тяжелой аварии. Применение же радиационно-стойкого свинца в качестве теплоносителя, обоснованное накопленным в оборонной технике опытом использования тяжелых металлов, дает возможность иметь малое давление в первом контуре при достаточно высоких рабочих температурах на выходе из активной зоны, обеспечить пожаро- и взрывобезопасность, в том числе в контакте с атмосферой и водой. АЭС с такими реакторами будет обладать высокой энергетической (КПД около 40%) и топливной (коэффициент воспроизводства ядерного топлива больше единицы) экономичностью. Физика и конструкция реакторов типа БРЕСТ позволяют естественнейшим образом реализовать и дополнительные меры предупреждения производства оружейных делящихся материалов, поскольку исключается бланкетная зона, запасы реактивности малы, а рефабрикация топлива предполагается на самой АЭС.

Значительное место в работах института на более отдаленную перспективу (четвертое направление его деятельности) занимает комплекс схемноконструкторских и экспериментальных исследований, направленных на поиск оптимальных технических решений бланкета международного термоядерного экспериментального реактора (ITER). Начатые еще в конце 70-х годов, эти работы сегодня активизировались, особенно в связи с переходом к стадии инженерного проектирования ITER, тем более, что летом 1995 г. были, наконец, «стабилизированы» физические параметры реактора в качестве исходных для этой стадии. Помимо конструкторско-технологических проработок различных вариантов бланкета (конвертируемый, защитный и др.) в НИКИЭТ спроектирован, изготовлен и введен в эксплуатацию вакуумный стенд для проверки работоспособности одного из самых термонапряженных элементов — первой стенки, ведется проектирование петлевого канала с литиевым теплоносителем (применительно к исследовательскому реактору МИР) для изучения и отработки вопросов самоохладения бланкета этим тритийвоспроизводящим материалом, в содружестве с рядом других институтов исследуются перспективные конструкционные материалы.

Характерной чертой тематики института в последние годы стали конверсионные работы,

в частности, на основе своих достижений в транспортных (корабельных, космических) и других технологиях. Диапазон этой деятельности весьма широк и охватывает как проекты блочно-транспортных высокоавтоматизированных компактных ядерных установок различной мощности для автономного электро- и теплоснабжения населенных пунктов и др. объектов в отдаленных районах (установки УНИТЕРМ, КРОТ), объектов подводной разведки и добычи полезных ископаемых (установка ШЕЛЬФ), так и оригинальные разработки по неядерным направлениям, ряд которых уже реализован.

Здесь следует упомянуть установки финишной очистки воды и газов (Ag , N_2 , O_2 , H_2), извлечения водорода из конвертированного природного газа, высококачественные системы транспортировки и очистки сверхчистых газовых сред для микроэлектронной промышленности. Создано производство сверхчистых инертных газов — криптона и ксенона, показатели качества которых превышают мировые. Поставки этих газов осуществляются во Францию, Великобританию, Швейцарию, Германию и США.

Имея большой опыт работы в области высокотемпературной техники, НИКИЭТ плодотворно сотрудничает с такими предприятиями, как ВАЗ, КАМАЗ, Синарский трубный завод, в создании оборудования для термохимической обработки деталей различных машин и механизмов.

Разработана и изготовлена опытная партия циркониевых имплантантов для черепно-лицевой хирургии, которые успешно прошли клинические испытания.

Перспективным как для внутреннего, так и внешнего рынков является дальнейшее развитие конверсионных проектов, основанных на технологиях, освоенных в рамках проектов по космической ядерной энергетике. Это — разработка и создание соединений армированных стальным каркасом полиэтиленовых труб для нефте- и газопроводов, оборудования для производства сверхчистых редких металлов, новых образцов холодильной и кондиционерной техники на основе термоэлектрических элементов и др.

Многие из перечисленных выше направлений научно-технической деятельности

НИКИЭТ стали в последние годы объектами международного сотрудничества. Важнейшее место здесь занимают многосторонние и двухсторонние программы повышения безопасности АЭС с реакторами РБМК. Институту поручена координация ядерно-технологических НИОКР международного проекта ITER. Совместно с фирмами Франции и Германии предусматривается продолжение работ по ядерной энергодвигательной установке для длительного пилотируемого полета на Марс, а с Аргоннской национальной лабораторией США — по программе снижения обогащения топлива исследовательских реакторов. Удачным примером международной кооперации является совместная с японской стороной работа по диагностике целостности трубопроводов и оборудования энергоблоков, результаты которой реализуются непосредственно на действующих АЭС. Развивается сотрудничество НИКИЭТ в области разработки новых эффективных тех-

нологий очистки почвы и воды, в частности, с американской фирмой ISOTRON. Ряд проектов института осуществляется при содействии Международного научно-технического центра.

Уже накопленный разносторонний потенциал института, его интеллектуальные и технические возможности являются основой для дальнейшего развития взаимовыгодных международных связей в интересах мирового технического прогресса.

Из изложенного видно, что даже в сегодняшних сложных экономических условиях коллектив института не ограничивается сугубо текущими делами, вызванными сиюминутными потребностями. На базе своих знаний и опыта, в силу сложившейся за многолетнюю историю НИКИЭТ традиции постоянно заглядывать в близкое и отдаленное будущее, наконец, в меру существующих экономических возможностей специалисты института создают научно-технический задел на завтра.

Всероссийский проектный и научно-исследовательский институт комплексной энергетической технологии (ВНИПИЭТ)

В.А. Курносов, В.М. Симановский

РОЛЬ ИНСТИТУТА В СТАНОВЛЕНИИ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Институт «ВНИПИЭТ» ведет свою историю с момента образования в Ленинграде Специального проектного бюро «Двигательстрой», созданного по приказу НКТП СССР от 21 октября 1933 г. для проектирования завода по изготовлению торпед.

В 1935 г. СПБ было передано в ведение Главного военного-мобилизационного управления НКТП и преобразовано во Всесоюзное специальное проектное бюро, которое осуществляло комплексное проектирование новых и реконструкцию старых заводов, выпускающих боеприпасы и другую оборонную технику.

В 1937 г. ВСПБ назначается Генеральным проектировщиком объектов Главсудпрома Наркомата оборонной промышленности и ведет работы по более чем 40 объектам этого Главка.

С 1939 г. ВСПБ преобразовано в Государственный союзный проектный институт (ГСПИ-11) Наркомата боеприпасов. Основным направлением работ стало проектирование заводов по производству взрывчатых веществ. В 1941 г. институт возглавил А.И. Гутов.

Накануне Великой Отечественной войны коллектив института насчитывал более 600 человек. Уже в первые дни многие сотрудники ушли на фронт. Фамилии погибших навечно занесены на мемориальную Доску Памяти института.

В годы войны институт выпускал проектную документацию для строительства оборонных заводов, перебазируемых в восточные районы страны, проектировал оборонные сооружения и сооружения ПВО для предприятий города, занимался переоборудованием ленинградских предприятий под оборонное производство. В период 1941—1943 гг. выполнялись проектные работы по 90 объектам. Отзывы заказчиков подтверждали высокое качество проектов и своевременное их выполнение.

Использование армией США атомных бомб

против Японии и послевоенная политика США, направленная на монополию этого вида оружия с целью оказания политического давления на СССР, вынудило нашу страну к форсированию работ по разработке и производству собственного ядерного оружия.

Переломным в судьбе института стало решение ГОКО от 4 сентября 1945 г. № 966 о передаче его в подчинение ПГУ. С этого времени институт стал формироваться как комплексная проектная организация совершенно новой оборонной отрасли — атомной промышленности. На первых порах перед институтом была поставлена задача стать головной организацией по проектированию и авторскому надзору за строительством промышленных и научно-исследовательских комплексов по следующим направлениям:

обогащение природного урана до необходимых концентраций для изготовления ядерных зарядов и получения чистых изотопов других элементов;

разработка ядерных реакторов для получения оружейного плутония, а также для научных исследований;

выделение оружейного плутония, наработанного в ядерных реакторах, а также для использования его в ядерных зарядах;

разработка, изготовление и испытание взрывных устройств с ядерными зарядами и их элементов.

Каждое из этих направлений требовало создания сложнейших сооружений, насыщенных уникальным оборудованием, системами дистанционного управления и точнейшими контрольно-измерительными приборами.

Наряду с трудностями нахождения оптимальных решений по размещению оборудования основных технологических процессов, не менее сложно было найти правильные решения по ряду таких важных вопросов, как биологическая защита от ионизирующих излучений, герметизация запорной арматуры, дистанционное управление и обслуживание, взя-

тие химических проб при непрерывном процессе в условиях ионизирующих излучений, обращение с радиоактивными отходами.

Насколько велика роль института в становлении атомной промышленности видно из того, что институт явился консолидирующим началом процесса, к которому были привлечены многие министерства и крупнейшие научно-исследовательские центры страны.

Многие решения принимались впервые из-за отсутствия опыта проектирования объектов такого профиля.

Сейчас даже трудно себе представить, сколько инженерных решений было принято, опираясь на конкретные расчеты, а сколько — чисто интуитивно на основе имеющегося опыта и общей эрудиции. Всего по проектам института было построено около 70% предприятий атомной промышленности.

РАДИОХИМИЯ

С целью обеспечения производства делящихся материалов для первой ядерной бомбы институтом был запроектирован ряд объектов на ПО «Маяк» (ранее Комбинат 817, Челябинск-40).

Генеральный план комбината, разработанный институтом, был принят на заседании НТС ПГУ в апреле 1946 г. В нем были определены: расположение реактора для производства оружейного плутония, систем проточного охлаждения, объектов водоподготовки и химической очистки воды, а также место для жилого поселка строителей и эксплуатационников. К концу 1947 г. здание реактора было построено, а в мае 1948 г. был закончен монтаж и началось опробование механизмов и систем контроля. В дальнейшем по этому типу был запроектирован и построен еще ряд реакторов повышенной, по сравнению с первым, мощности.

Для этого же комбината институт разработал проекты Завода № 25 по выделению плутония, наработанного в ядерном реакторе и завода по изготовлению заготовок из плутония для комплектации ядерных зарядов,

Первым главным инженером проекта Комбината 817 был А. А. Черняков, затем долгое время работы по проектированию комбината возглавлял В. А. Курносов, до последнего времени являвшийся генеральным директором Союза предприятий «ВНИПИЭТ».

В 1958—1960 гг. специалисты института внесли большой вклад в создание для КНР комплекса по наработке оружейного плутония. В начале 50-х годов институт начал проектирование радиохимических заводов на Комбинате «Маяк», Сибирском химическом комбинате (Комбинат 816, Томск-7) и Горно-химическом комбинате (Комбинат 815, Красноярск-26).

Технологические схемы основного производства на этих заводах были в основном аналогичны схеме, действующей на Заводе № 25, в первоначальный вариант которой были внесены изменения, улучшившие технологические показатели производства.

В это же время институт разработал технологическую часть проекта по проблеме «Уран-торий», связанную с выделением урана-233. Однако дальнейшего развития проектные работы по этой проблеме не получили, за исключением разработки проектной документации по созданию опытной установки для получения урана-233 на Комбинате «Маяк».

В середине 50-х годов были найдены экстрагенты, пригодные для использования в технологических процессах переработки облученного урана. Учитывая положительные оценки, полученные в результате технико-экономических исследований, было принято решение о переводе на экстракционную технологию заводов по извлечению плутония из облученного урана. Соответствующие проекты для Комбината «Маяк» СХК и ГХК были выполнены во второй половине 60-х — начале 70-х годов. По этим проектам в конце 70-х годов была произведена реконструкция существующих производств без остановки действующих заводов.

Получение электрической энергии на АЭС базируется на концепции замкнутого ядерного топливного цикла, одной из главных составляющих которого является наличие предприятий по регенерации делящихся радионуклидов из отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с целью возврата их в топливный цикл.

В середине 50-х годов было принято решение о выполнении комплекса научно-исследовательских, проектных и конструкторских работ по созданию радиохимического производства (завода РТ) для переработки ОЯТ, выгружаемого из реакторов АЭС и других ядерно-энергетических установок. Институт стал Генеральным проектировщиком комплекса.

Завод РТ явился первым в Советском Союзе

радиохимическим предприятием промышленного масштаба по переработке отработавшего ядерного топлива, на котором также отрабатывались новые технологические процессы и системы КИПиА.

Для завода были созданы уникальное оборудование и надежная, универсальная, принципиально новая аппаратурная схема технологического процесса, позволяющая без значительных изменений перерабатывать разнообразную сборку твэлов, отличающихся геометрическими размерами, композицией ядерного топлива, обогащением по урану-235 и конструктивными материалами.

Правильность принятых проектных решений по заводу РТ подтверждена двадцатилетней его эксплуатацией и переработкой приблизительно 2000 т.

Опытные данные, полученные при эксплуатации завода РТ, были использованы при проектировании завода РТ-2, предназначенного для переработки ОЯТ с АЭС и изготовления топливных композиций на основе регенерированного высокофонового плутония, так называемого МОХ-топлива.

В создание радиохимических производств значительный творческий вклад внесли ведущие специалисты института: доктора техн. наук Я.И. Зильберман, А.А. Хоникевич, А.Н. Кондратьев, кандидаты техн. наук М.В. Страхов, В.М. Дубровский, а также М.А. Ходос, В.А. Хохлов, А.В. Серов, А.А. Шведов.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Для решения задачи получения обогащенного урана методом газовой диффузии в 1946 г. институт начал проектирование Уральского электрохимического комбината (Комбинат 813) в пос. Верх-Нейвинский (ныне г. Новоуральск). Первым главным инженером проекта был И.З. Гельфанд.

Первый завод Д-1 выдал готовую продукцию в 1949 г., позднее там же были запроектированы заводы Д-3, Д-4, Д-5, СУ-3. Следующие промышленные газодиффузионные заводы были запроектированы в Томске-7, Ангарске и Красноярске-45.

В 1962 г. выдал готовую продукцию первый промышленный газоцентрифужный завод. В 70-е годы началась реконструкция газодиффузионных заводов с переводом их на новую

прогрессивную газоцентрифужную технологию на УЭХК, а также СХК, ЭХЗ и АЭК.

В 1947 г. было начато проектирование Комбината 814 в районе г. Нижняя Тура для электромагнитного разделения изотопов урана (установка СУ-20). Однако, как показала практика, электромагнитный метод получения изотопа урана-235 оказался неэкономичным по сравнению с методом газовой диффузии. В дальнейшем установка использовалась для получения чистых стабильных изотопов различных элементов.

В 1958—1960 гг. специалисты института приняли участие в проектировании газодиффузионного завода для КНР, который работает до настоящего времени.

В 70-е годы институтом была запроектирована и реализована на УЭХК установка «Челнок», позволяющая передавать зарубежным партнерам обогащенный и сырьевой гексафторид урана в жидкой фазе. Аналогичные установки были запроектированы и смонтированы и на других разделительных предприятиях. В 90-е годы в КНР при участии специалистов института началось проектирование газоцентрифужного завода с целью наработки обогащенного урана для АЭС.

Большой вклад в создание производств по обогащению урана внесли: доктор техн. наук М.М. Добулевич, лауреат Ленинской премии Е.И. Абакумов, Ю.В. Вербин, Г.А. Никольская, С.И. Берлянд, М.М. Взоров, В.Ф. Чекалов, В.В. Толстой, А.М. Ленинский.

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Институт совместно с другими организациями выполнил большой комплекс проектных и научно-исследовательских работ по системам очистки и локализации радиоактивных отходов (РАО), технико-экономических оценок различных методов защиты окружающей среды от вредного влияния РАО.

В конце 70-х годов в институте начались работы по оценке влияния объектов энергетики на окружающую среду на основе методов математического моделирования. Коллективом сотрудников под руководством канд. техн. наук В.Т. Сорокина было изучено распространение газоаэрозольных выбросов АЭС в приземном слое атмосферы, а также распространение жидких сбросов загрязненных и теплых вод в пруды

дах-охладителях и прибрежной зоне морей. Начиная с 1974 г. институт разрабатывает проекты технологических комплексов и отдельных зданий и сооружений по обращению с различными видами РАО и охране окружающей среды. Наиболее крупными из разработанных институтом для Комбината «Маяк» проектами являются:

комплекс отверждения жидких высокоактивных отходов, образующихся при переработке ОЯТ энергетических и транспортных реакторов, а также долговременного и безопасного хранения получаемых при этом высокоактивных стеклблоков;

цех переработки жидких отходов среднего уровня активности;

опытно-промышленный комплекс переработки твердых РАО;

завод радиоизотопов, предназначенный для выделения из продуктов переработки ОЯТ радионуклидов, используемых в народном хозяйстве.

В 1979 г. был запроектирован комплекс зданий и сооружений по переработке и отверждению методом битуминирования жидких РАО от всех четырех блоков ЛАЭС, успешно работающий с 1984 г. Аналогичная технология принята и для Игналинской АЭС.

Институт ведет разработку проектной документации по реабилитации территорий, загрязненных в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г., и консервации поверхностных бассейнов-хранилищ жидких высокоактивных отходов на СХК. С начала 90-х годов институт разрабатывает новые методы переработки, позволяющие сократить объемы захораниваемых жидких и твердых РАО.

В разработку проектов объектов по переработке РАО наибольший вклад внесли канд. техн. наук А.Б. Драновский, Н.И. Аржанов, Л.Д. Королева, А.В. Немцова и др.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

В конце 1945 г. на государственном уровне были решены организационные вопросы по созданию научно-исследовательской и опытно-промышленной базы получения ядерных материалов и разработке на их основе первых ядерных боеприпасов. В 1947 г. силами института был разработан проект, определивший первоначальный состав объектов КБ-11 (ныне ВНИИЭФ).

Реализация проекта обеспечила проведение первоочередных работ по исследованиям и разработке ядерных зарядов. В 1959 г. после проведения испытаний первой советской ядерной бомбы на полигоне под Семипалатинском, возведенном по проекту института (главный инженер проекта Г.П. Андриевский), была продолжена разработка проекта дальнейшего развития КБ-11. Проектные работы велись в сжатые сроки и, как правило, на месте строительства силами выездных бригад. Технические решения принимались проектировщиками совместно со специалистами КБ-11. Проектная документация сразу же передавалась строителям. На этом этапе проектные работы возглавляли и координировали главный инженер проекта В.И. Речкин и его заместитель И.И. Никитин. В последующие годы проектные работы по КБ-11 велись в направлении расширения конструкторской, экспериментальной и производственной базы, необходимой для проведения исследований, разработки конструкций боеприпасов и их экспериментальной отработки с учетом максимального отказа от внешних поставок приборов и комплектующих узлов.

В результате был запроектирован, построен и введен в эксплуатацию научно-производственный центр, позволивший решать все задачи, поставленные перед КБ-11. В его состав вошли:

конструкторско-лабораторный комплекс по разработке ядерного оружия и технологии переработки ядерных и конструкционных материалов, оснащенный крупнейшим в стране вычислительным центром по моделированию эксплуатационных характеристик разрабатываемых изделий;

завод по производству конструкционных деталей, узлов, приборов и элементов боеприпасов;

завод по изготовлению специальных деталей из взрывчатых материалов и снаряжению ими ядерных боеприпасов;

научно-исследовательский комплекс по экспериментальному исследованию зарядов и боеприпасов на воздействие механических и климатических факторов;

полигоны для проведения газодинамических испытаний зарядов и их элементов; физические установки по исследованию воздействия на ядерные заряды различного рода излучений;

баллистическая трасса и ракетно-катапультирующая установка по отработке баллистики

ядерных боеприпасов и исследованию воздействия на них мощных ускорений и различных преград. Таким образом, на основе разработанных проектов был создан уникальный Российский Федеральный ядерный центр — ВНИИЭФ, обеспечивший проведение всех основных работ по исследованиям, разработке и экспериментальной отработке ядерных боеприпасов. Кроме того, в 1952 г. институт разработал проект Завода № 3 (в составе КБ-11) по изготовлению серийных боеприпасов со всеми необходимыми производствами для отработки и сборки узлов из ядерных материалов, снаряжения зарядов взрывчатыми материалами, изготовления ряда приборов и конструктивных элементов, производства детонаторов и общей сборки боеприпасов. Строительство и ввод в эксплуатацию Завода № 3 — в настоящее время самостоятельного ЭМЗ «Авангард» — обеспечило оснащение вооруженных сил страны необходимым количеством ядерного оружия.

Дальнейшая проектная деятельность института связана с созданием мощной промышленной базы по крупномасштабному производству ядерных боеприпасов различного назначения, а также реконструкцией и развитием предприятий, связанных с совершенствованием конструктивно-технологических характеристик изготавливаемых изделий. Так в 50—60-е годы были разработаны проекты трех предприятий по производству ядерных боеприпасов: Комбината «Электрохимприбор» в Свердловской обл., Приборостроительного завода в Челябинской обл. и ПО «Старт» в Пензенской обл.

Одновременно велось проектирование научно-исследовательских предприятий, расширяющих или дублирующих тематические направления ВНИИЭФ. Такими предприятиями стали: ВНИИТФ (г. Снежинск) — по разработке отдельных видов ядерных боеприпасов, НИИИС (г. Нижний Новгород) — по разработке радиоаппаратуры и телекоммуникационных систем, КБ АТО — по разработке специального автотранспортного и железнодорожного оборудования для транспортирования и обслуживания ядерных боеприпасов в процессе эксплуатации.

Дальнейшее развитие отрасли потребовало создания и реконструкции предприятий по изготовлению нестандартизированного оборудования. Институт разработал проекты строительства и реконструкции Завода «Двигатель»

(г. Таллин), Волжского (г. Рыбинск), Нижне-Туринского и Родниковского машиностроительных заводов, где была создана мощная машиностроительная база, обеспечившая оснащение строящихся предприятий отрасли необходимым специализированным оборудованием, отвечающим самым передовым требованиям.

Кроме работ по основной тематике деятельность института направлена на осуществление частичной конверсии предприятий отрасли, связанных с оборонной тематикой, а также на дальнейшее обеспечение безопасности персонала и охраны окружающей среды. В настоящее время ведутся проектные работы по созданию уникальных локализирующих сооружений, исключающих аварийный выход радионуклидов и других вредных веществ в окружающую среду. Большой личный творческий вклад в проектирование промышленных и научно-исследовательских предприятий оборонного комплекса внесли: главный инженер института, член Международной энергетической академии В. М. Симановский, К. А. Дмитриев, главные инженеры проектов М. А. Пищеров, Н. А. Малков, А. П. Андреев, Н. А. Петров, В. С. Беллавин, Заслуженный строитель РСФСР А. А. Рогозин, А. Д. Ивашинцев; проектировщики-технологи В. В. Шестаков, Л. З. Полторацкая, В. Ф. Жило, Н. Ф. Жирнов, Н. П. Кухарцева, В. В. Котляр; строители-проектировщики В. С. Коба, Ю. А. Березин и др.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Одновременно с расширением и развитием промышленности, обеспечивающей обороноспособность страны, институт в 1949 г. приступил к проектированию комплексов с ядерными реакторами для энергетических и исследовательских целей.

Началом работ явилась разработка проекта АЭС-1 — Первой в мире атомной электростанции, которая была введена в строй 27 июня 1954 г. в Обнинске.

В конце 50-х годов была введена в эксплуатацию Сибирская АЭС с уран-графитовым реактором с водяным охлаждением в Томске-7. Впервые был разработан проект уникальной системы теплоснабжения г. Томска за счет тепла, вырабатываемого в ядерном реакторе. Сибирская АЭС явилась началом нового направле-

ния — создания канальных уран-графитовых реакторов с водяным охлаждением.

В 50-е годы институтом были выполнены проектные работы по созданию демонстрационных АЭС и научно-исследовательских установок для строительства в СССР и за рубежом.

В этот период были разработаны проекты Белоярской АЭС с канальными реакторами АМБ-100 и АМБ-200 электрической мощностью соответственно 100 и 200 МВт. Первый блок АЭС был введен в эксплуатацию в 1964 г., второй — в 1967 г.

Одновременно разрабатывался проект АЭС с корпусными водо-водяными реакторами для строительства Нововоронежской АЭС. В 1964 г. был введен в строй первый блок НВАЭС электрической мощностью 210 МВт.

Разработка рабочих чертежей на строительство БАЭС и НВАЭС была в дальнейшем передана проектным организациям Минэнерго. Большой вклад институт внес в создание крупнейших научно-исследовательских центров ядерных реакторов таких, как НИИАР в Мелекесе.

По проектам института построены реакторные установки:

ВК-50 с водо-водяным реактором электрической мощностью 50 МВт с кипением воды в активной зоне;

БОР-60 — энергетическая установка с реактором на быстрых нейтронах электрической мощностью 30 МВт. Опытная установка БОР-60, введенная в эксплуатацию в 1969 г., была первой в СССР АЭС с реактором на быстрых нейтронах;

многопетлевой реактор МИР — канальный с принудительным водяным охлаждением, мощностью 60 МВт, на котором были сооружены петли с газовым, жидко-металлическим и водяным теплоносителями;

реакторная установка СМ-2 мощностью 70 МВт, позволившая получить максимальный нейтронный поток (в ловушке). За создание установки СМ-2 сотрудники института были удостоены Ленинской премии;

исследовательские ядерные реакторы для Физико-энергетического института в Обнинске и Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

Значительный вклад институт внес в создание научно-исследовательских центров в зарубежных странах.

Институту как Генеральному проектиров-

щику была поручена разработка проекта типовой установки с исследовательским реактором ВВР-С мощностью 2 МВт для оснащения различных центров. Реакторные установки ВВР-2 были сооружены в Москве, Ташкенте, Бухаресте, Будапеште, Праге, Каире, Варшаве.

В середине 60-х годов институт разрабатывал проекты головных атомных электростанций, а также ядерных установок с реакторами на быстрых нейтронах, с реакторами канального типа, с высокотемпературными реакторами с газовым теплоносителем и ряд других установок.

В 1973 г. в Шевченко (Актау) была введена в эксплуатацию АЭС с реактором БН-350 тепловой мощностью 1000 МВт, обеспечивающая выдачу 150 МВт электрической мощности и производство пресной воды для нужд города. Результаты, полученные в процессе эксплуатации станции, позволили перейти к разработке АЭС с БН-600 и АЭС с БН-300. За создание установки БН-350 разработчикам института была присуждена Государственная премия.

В 1973 г. дала первый ток Ленинградская АЭС. Был введен в эксплуатацию первый энергоблок электрической мощностью 1 млн. кВт с реактором РБМК-1000. С пуском последнего, четвертого блока в 1981 г. установленная мощность станции составила 4 млн. кВт.

В 1976—1977 гг. по проектам, разработанным институтом, введены в эксплуатацию первые очереди Курской и Чернобыльской АЭС. Установленная мощность каждой составила 2 млн. кВт.

В 1982 г. была введена в строй первая очередь Игналинской АЭС с реакторами РБМК-1500 установленной мощностью 4,8 млн. кВт.

Впервые в СССР институт разработал проектную документацию атомной станции теплоснабжения.

В 1986 г. институт одним из первых был привлечен к работам по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС и устранению ее последствий. В кратчайшие сроки под руководством генерального директора института В.А. Курносова, на месте аварии возглавившего коллектив проектировщиков, был разработан проект «Укрытие», возведенный над разрушенным реактором четвертого блока.

Наряду с проектными работами по большой атомной энергетике институт выполнил ряд работ по созданию передвижных энергетических установок для использования в труднодо-

ступных районах, а также ядерных силовых установок для ледокольного флота и нужд ВМФ СССР.

В 90-е годы институт ведет работы по следующим направлениям:

повышение безопасности действующих АЭС с реакторами РБМК;

разработка новых реакторных установок повышенной безопасности — многоканальных уран-графитовых реакторов средней мощности — МКЭР-800 и корпусного кипящего реактора ВК-300;

реконструкция ряда исследовательских реакторов в городах Мелекесе, Гатчине и Сосновом Бору.

Наибольший вклад в проектирование объектов атомной энергетики внесли: И.Д. Дмитриев, Г.В. Кругликов, Н.Ф. Вешняков, Заслуженный энергетик РСФСР, член Международной энергетической академии Г.А. Луценко, доктор техн. наук Н.П. Дергачев, С.В. Шишкин, А.Ф. Осокин, В.А. Медведков, С.А. Стронгин, М.М. Кутаков, Н.В. Сухорученков, И.К. Моисеев, М.М. Николаев, Ю.М. Горб, Ю.М. Балицкий, А.Ф. Епифанов, В.Д. Сафутин, Л.П. Гуляев, Е.М. Ионов.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ

Выполнение комплексных проектных работ повлекло за собой необходимость проведения специальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. При этом требовалась тесная связь института с научно-исследовательскими, конструкторскими и технологическими организациями для учета требований проектирования. В связи с этим в 1958 г. в институте был создан отдел, на который были возложены задачи организации и обеспечения проведения различными предприятиями страны теоретических, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также разработок нестандартизированного оборудования, приборов и устройств, применяемых на проектируемых объектах. Длительное время отделом успешно руководил В.И. Илларионов.

Ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ проводился и силами работников института. Это, в основном, работы по новым направлениям, связанным с развитием ядерной энергетики и атомного флота.

К таким работам, в первую очередь, следует отнести работы по дезактивации оборудования и помещений АЭС, предприятий ядерного топливного цикла, атомных ледоколов и подводных лодок, опытно-конструкторские разработки оборудования для проведения этих работ (гидромониторы, парозежкционные распылители), разработку технологии нанесения защитных покрытий, технологии и оборудования для переработки РАО атомных ледоколов и подводных лодок, а также заводов по их ремонту и перезарядке топливом, технологии теплоносителей и водно-химическим режимам ядерных реакторов АЭС. По этим направлениям институт был назначен головной научной организацией.

Из наиболее значительных работ по дезактивации следует отметить разработку и внедрение технологии дезактивации контуров АЭС в сборе с реакторами РБМК-1000 и ВВЭР-440, а также первых контуров в сборе транспортных ядерных энергетических установок; по технологии теплоносителей — разработку и внедрение кислородного водно-химического режима на АЭС с реакторами РБМК, разработку серии приборов химического контроля, высокотемпературных фильтров очистки теплоносителей, технологии малореагентной пассивации.

Были разработаны нормативные документы по водно-химическим режимам основных и вспомогательных контуров АЭС с реакторами РБМК, контролю качества теплоносителя, качества ионообменных смол, разработаны теоретические концепции взаимосвязи коррозии, растворимости продуктов коррозии, массопереноса, накопления отложений и радиоактивных продуктов в контурах АЭС.

Впервые в СССР разработаны датчики и приборы контроля качества высокоочистой воды, датчики непрерывного контроля коррозии в контурах АЭС и на их основе — автоматическая система химического контроля и коррозионного мониторинга.

Были разработаны технология и оборудование для переработки жидких РАО, внедренные на специальных судах «Амур» и «Пинега», которые обслуживают атомный военно-морской флот.

Опыт, накопленный специалистами научной части по дезактивации оборудования и помещений, а также специальное оборудование широко использовались при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, где в

1986–1990 гг. постоянно трудились выездные бригады специалистов по 10–20 чел., непосредственно работавших на станции и ее территории, разрабатывавших методики и рекомендации. Многие научные сотрудники были награждены Почетными грамотами Правительственной комиссии и нагрудными значками «За ликвидацию последствий аварии на ЧАЭС».

Большую работу по организации и выполнению исследований в институте провел научный руководитель В.М. Седов, директор института в 1972–1989 гг., лауреат Государственной премии СССР, доктор техн. наук, проф., член-корр. Академии наук СССР.

Научные исследования проводились под непосредственным руководством канд. техн. наук Е.И. Юликова, канд. техн. наук Ю.А. Хитрова, доктора техн. наук В.Г. Крицкого. В работах по дезактивации наиболее активное участие принимали: Г.В. Рюмин, доктор техн. наук Н.И. Ампелогова, И.Н. Власов, А.Я. Грабельников, В.Т. Потапенко, В.В. Шилов, по технологии теплоносителей — канд. техн. наук В.П. Брусаков, канд. техн. наук А.К. Орлов, А.А. Пермяков. С 1970 г. в институте проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также разработка нормативно-технической документации по созданию оборудования и средств транспортирования ОЯТ АЭС и атомного флота. Институт был назначен головной научной организацией по этой проблеме в стране, а научным руководителем проблемы — зам.директора по научной работе доктор техн. наук, проф., лауреат Государственной премии СССР и премии Совета Министров СССР А.Н. Кондратьев.

Совместно с СКБ Ижорского завода, «Азовтяжмаш» и Калининским вагоностроительным заводом был создан ряд вагонов-контейнеров, чехлов, пеналов и вспомогательного оборудования для транспортирования ОЯТ реакторов ВВЭР-440, РБМК-1000, ВВЭР-1000, БН-350, атомных судов и исследовательских реакторов, многие из которых полностью соответствуют требованиям международных норм и правил.

В дальнейшем институту были поручены работы по хранению ОЯТ, транспортированию «свежего» топлива и делящихся материалов, транспортированию радиоактивных отходов атомной промышленности и флота. Все перечисленные работы выполнялись коллективом под руководством канд. техн. наук Н.С. Тихонова.

Многое сделали для решения проблемы транспортирования ветераны Ю.А. Косарев, Ю.В. Козлов, канд. техн. наук А.И. Токаренко, канд. техн. наук С.Г. Лебеденко, Ю.И. Архиповский, Б.В. Калинин, доктор техн. наук, проф. Л.М. Постнов. Разработка манипуляторов и контрольно-измерительных приборов проводилась в отделе, руководимом канд. техн. наук В.П. Дороховым.

Лаборатории под руководством доктора техн. наук, проф. А.С. Дмитриева и канд. техн. наук О.П. Старикова занимались строительной тематикой — исследованием остаточной прочности эксплуатируемых зданий и сооружений предприятий Министерства, созданием железобетонных корпусов высокого давления для высокотемпературных реакторов.

В 70-х годах в г. Сосновый Бор была организована опытная база научной части, где проводились самостоятельные исследования по дезактивации и водно-химическому режиму, а также испытания в промышленном масштабе технологий и оборудования, разработанных коллективом научных работников института.

В создание научной базы в г. Сосновый Бор большой вклад внесли доктор техн. наук, проф. Е.А. Константинов, И.Д. Василенко, доктор техн. наук Е.В. Сенин, канд. техн. наук Е.В. Филиппов, доктор техн. наук И.А. Варовин.

В 80-е годы в структуре научной части института находились:

научно-исследовательское отделение под руководством канд. техн. наук лауреата премии Совета Министров СССР В.В. Морозова, опытно-конструкторское отделение под руководством Н.Н. Порохина и отдел организации, планирования и координации НИОКР под руководством канд. техн. наук, лауреата премии Совета Министров СССР С.Н. Васильева.

В 1976 г. научная часть специальным постановлением Правительства была официально приравнена к научно-исследовательским институтам первой категории. При институте была организована аспирантура и специализированный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций по трем направлениям науки: технология редких и рассеянных элементов, процессы и аппараты химической технологии и технология ядерных энергетических установок.

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Развитие атомной промышленности потребовало от конструкторов разработки нового оборудования и механизмов, не имеющих аналогов ни в стране, ни за рубежом.

Первой важной проблемой стало создание дистанционно-управляемого устройства для проведения работ с новыми токсичными и радиационно-опасными веществами.

С этой целью институтом было разработано свыше 60 типов манипуляторов, в том числе и первых в стране электромеханических манипуляторов М-32, М-45, М-54. В настоящее время в отрасли эксплуатируется более 1,5 тыс. различных манипуляторов.

Кроме того, специалистами института был разработан и изготовлен опытный образец космического манипулятора (МК), явившийся прототипом устройств, работающих в настоящее время в космосе.

Наибольший вклад в манипуляторостроение внесли Д.А. Кульда и П.В. Карпенков, награжденные орденами Ленина, а также: В.В. Аристов, М.М. Логунов, Г.С. Дементьев, Л.А. Ершов, Я.Я. Попов, С.И. Лебедев, Ю.П. Петушков, М.А. Сапожников, А.Ф. Копосов.

Развитие радиохимической промышленности и увеличение числа АЭС поставило перед конструкторами ряд задач, связанных с механизацией технологических процессов и проведением ремонтно-транспортных работ. За заслуги в решении этих вопросов начальник конструкторского подразделения А.П. Белов был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

Институтом разработано несколько типов конструкций самоочищающихся стекловолнистых фильтров, защищающих окружающую среду от радиоактивных аэрозолей и газов. В их числе высокоэффективные фильтры ФАРТОС с коэффициентом очистки 10^4 и выше за счет устранения эффекта вторичных аэрозолей. Всего было разработано более 50 фильтров и около 300 механизмов и приспособлений для работы с фильтрами и их транспортирования.

Наибольший вклад в выполнение этих работ внесли: Г.И. Ипатов, М.Н. Елкин, Н.Г. Панфилов, В.П. Орлов, В.И. Жуков, А.П. Юдин. Для проведения механических, физических, металлографических, структурных и других исследований облученных материалов и образцов институтом были созданы «горячие» мате-

риаловедческие лаборатории, оснащенные защитными камерами и боксами. В настоящее время такими лабораториями в России оснащены ИАЭ, ФЭИ, НИИАР, «Прометей» (Гатчина), а также лаборатории в Болгарии, Польше, Чехословакии, КНР.

Наряду с созданием комплексов исследовательских лабораторий институт разработал конструкторскую документацию:

опытно-промышленных отделений подготовки твэлов к резке для заводов РТ-1 и РТ-2; отделения комплектации пеналов для затаривания высокоактивных отходов;

отделения рефабрикации опытно-промышленной установки «Орел»;

отделения разборки кассет установки «Руслан».

В разработке этих проектов наиболее активное участие принимали: Ф.Ф. Кунков, Н.С. Благодичиннов, С.А. Нагибин, В.А. Лисицын, А.Ф. Яковлев, Ю.Г. Метельков.

Специалисты института занимаются также разработкой электрофизических установок. Так, в 50-е годы, одним из первых был разработан проект комплекса с ускорительными установками для МГУ. Одновременно с этим велось проектирование мощных физических комплексов для ОИЯИ, ФЭИ, ЛИЯФ (Гатчина), а также лабораторий по заказам МСМ.

В Ленинграде институт проектировал комплексы ускорителей для Радиевого института, НПО «Позитрон», НПО «Светлана», учебно-научного комплекса Ленинградского государственного университета.

Электрофизические установки получили применение не только в научных исследованиях, но и в промышленности, медицине и других отраслях народного хозяйства.

Так, циклотрон У-150, построенный в Обнинске по проекту института, позволил создать единственный в стране наработчик изотопов, которые пользуются огромным спросом в стране и за рубежом.

Наибольших успехов в разработке электрофизических установок добились В.А. Иванов и Г.М. Маилов.

ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Одновременно с созданием первых промышленных объектов необходимо было обеспечить всех строителей, монтажников, научных работ-

ников, а в дальнейшем и всех эксплуатационников с семьями благоустроенным жильем.

Для оперативного решения вопросов проектирования новых жилых формирований в 1947 г. в институте был создан специальный архитектурно-планировочный отдел, выросший к 1955 г. в крупное комплексное градостроительное подразделение, организатором и руководителем которого многие годы был архитектор В. Н. Иванов.

Институту предстояло в сжатые сроки одновременно с проектированием и строительством промышленных объектов и научных центров в малоосвоенных районах Урала и Сибири, Средней Азии и Казахстана, в местах, оторванных от магистральных транспортных артерий и культурных центров страны создавать комфортную жизненную среду, обеспечивающую благоприятные условия проживания и гарантирующую закрепление в этих местах уникальных кадров высококвалифицированных технических и научных специалистов, столь необходимых для новой отрасли.

По проектам института в 1946 г. было начато строительство новых городов, носящих в настоящее время названия: Озерск, Новоуральск, Лесной, Трехгорный и Снежинск — на Урале; Железногорск, Зеленогорск и Северск в Сибири, а также городов Дубна, Саров, Заречный, Кирово-Чепецк, Обнинск и Сосновый Бор в Центральной России; Актау (б. Шевченко) и Степногорск в Казахстане; Навои и Зарафшан в Узбекистане; Силламяэ в Эстонии и Висагинас (б. Снечкус) в Литве.

Одновременно в Таллине, Новосибирске, Мелекесе, Усть-Каменогорске и Рыбинске были построены новые жилые районы.

Развитие предприятий атомной промышленности требовало серьезного медико-профилактического обеспечения. В городах и поселках была создана широкая сеть поликлиник, больниц и профилакториев для обслуживания сотрудников и членов их семей.

Во всех курортных районах страны в 1950—1980 гг. были построены санатории и дома отдыха: «Горный», «Таврия», «Солнечный», «Голубая Даль», «Джинал», «Прикарпатье», «Судак», «Колонтаево», пансионат «Уускюлла» в Эстонии.

Отделения института, выросшие за последние десятилетия в крупные комплексные проектные институты, стали способны решать не только локальные задачи промышленного и градостроительного проектирования внутриве-

домственных объектов, но и проектировать крупные архитектурно-пространственные комплексы в областных центрах страны.

По проектам института в Ленинграде построены: комплекс административных зданий «ВНИПИЭТ», здание администрации Приморского района, комплекс учебных, лабораторных и жилых помещений филиала отраслевого Центрального института повышения квалификации.

Важным этапом в градостроительной деятельности института явилось проектирование в 1959—1965 гг. научного центра СО АН СССР под Новосибирском, ставшего, по отзыву академика архитектуры И. М. Смоляра, «примером прогрессивного, здорового, удобного и красивого города».

В 1967 г. эта работа была высоко оценена Правительством и общественностью страны и ей была присуждена первая в СССР Государственная премия по архитектуре. Лауреатами стали архитекторы В. Н. Иванов, М. А. Белый, И. Б. Орлов, А. С. Михайлов, Т. Н. Сафонова, Ю. С. Ушаков.

Также Государственными премиями России по архитектуре были отмечены работы по созданию новых микрорайонов в городах Сосновый Бор (1970 г.) и Обнинск (1980 г.).

Широкое признание получили и другие работы коллектива.

Государственные премии СССР по архитектуре были присуждены за планировку и застройку городов Навои (1969 г.) и Шевченко (1977 г.).

Государственная премия Украины присуждена в 1980 г. архитектору Е. Б. Федорову за памятник Т. Г. Шевченко в г. Шевченко.

В 1975 г. пришло и международное признание. За создание в сложных климатических условиях пустынь Средней Азии городов Шевченко и Навои Международный союз архитекторов присудил архитекторам И. Б. Орлову и Н. И. Симонову Международную премию имени Патрика Аберкромби.

Премии Совета Министров СССР за выдающиеся работы в области строительства и архитектуры присуждены за отдельные объекты в городах Железногорске (1970 г.), Обнинске (1975, 1982 гг.), Степногорске (1971 г.), Заречном (1981 г.) и Сарове (1987 г.).

В 1970—1980 гг. институт стал одним из ведущих градостроительных коллективов страны, в его составе работало более 100 архитекторов — членов Союза архитекторов СССР.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И НАГРАДЫ

Выполнение всех осуществляемых институтом работ требовало увеличения численности его сотрудников, которая с 233 чел. в 1945 г. выросла до 8000 чел. в 1988 г. За период с 1945 г. институт претерпел ряд реорганизаций. В 1956 г. на базе выездных бригад в городах Красноярске-26 и Томске-7 были организованы филиалы института. В 1959 г. появились филиалы в Новосибирске и Челябинске-40. В задачу филиалов входило проведение авторского надзора и инженерных изысканий для нужд МСМ и Министерства обороны.

В 1958 г. для выполнения проектных работ в Китае был организован филиал института — «Филиал Ленинградского проектного института Главного управления по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР», просуществовавший до 1960 г.

В 1962 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за успешную разработку проектов промышленных комплексов особой важности и новых городов институт был награжден орденом Ленина, а директору института А.И. Гутову было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Указом Президиума Верховного Совета СССР в 1983 г. за успешную производственную деятельность и в связи с 50-летием со дня образования институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Решением Совета Министров СССР от 16 апреля 1990 г. на базе «ВНИПИЭТ» и его региональных отделений было создано Всесоюзное проектно-конструкторское, научно-исследовательское и технологическое объединение «ВНИПИЭТ», состоящее из головного института (г. Санкт-Петербург), шести региональных отделений (в городах Северск, Железногорск, Новосибирск, Озерск, Сосновый Бор) и Литовского филиала (Игналинская АЭС, пос. Висагинас).

В 1995 г. региональным отделениям Объединения был присвоен статус государственных институтов, а Объединение было преобразовано в Союз предприятий «ВНИПИЭТ».

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНСТИТУТА

В настоящее время для предприятий Министерства институт разрабатывает экологические проекты:

по реконструкции и техническому перевооружению производств;

по проектированию новых ядерных силовых установок;

по локализации и предотвращению радиоактивных загрязнений окружающей среды;

по переработке и захоронению РАО.

С конца 80-х годов разрабатываются мероприятия по повышению безопасности действующих ядерных установок и снятию их с эксплуатации. В настоящее время в институте ведется проектное сопровождение работ по выводу из эксплуатации АЭС и промышленных реакторов, предназначенных для наработки оружейного плутония на ПО «Маяк», Сибирском химкомбинате и Горнохимическом комбинате.

Ведутся работы по комплексному решению проблемы обращения с РАО, накопленными на объектах отрасли за весь предшествующий период.

С 1992 г. в институте решаются проблемы конверсии оружейных делящихся материалов. Разработан проект уникального, не имеющего аналогов ни в одной стране мира, долговременного хранилища делящихся материалов, получаемых при разборке ядерных боеприпасов, который реализуется на ПО «Маяк». Проект исключает возможность возникновения аварии, проведения диверсии или хищения оружейных материалов.

Совершенно новой формой работы стало участие института в разработке и реализации федеральных целевых и отраслевых программ развития отдельных отраслей народного хозяйства: «Топливо и энергия», «Фундаментальная наука», «Приборостроение и микроэлектроника», «Обращение с РАО и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996—2005 годы».

СПРАВКА

Должность директора института с 1941 г. занимали:

1941—1972 гг. — Гутов Александр Иванович;

1972—1989 гг. — Седов Вячеслав Михайлович;

с 1989—1998 гг. — Курносков Владимир Александрович.

Должность главного инженера занимали:

1944—1946 гг. — Ширяев Федор Захарович;



А. И. Гутов,
директор института в
1941—1982 гг., Герой
Социалистического Труда,
дважды лауреат
Государственной премии



А. Н. Матвеев,
в 1956—1976 гг. — главный
инженер института



В. М. Седов,
начальник отдела, зам.
главного инженера,
в 1972—1989 гг. — дирек-
тор института, доктор техн.
наук, проф. член-корр.
АН СССР



В. А. Курновсов,
главный инженер проекта
ПО «Маяк», главный ин-
женер института в 1976—
1989 г., с 1989—1998 гг. —
генеральный директор со-
юза предприятий «ВНИ-
ПИЭТ», доктор техн. наук,
проф., член Международ-
ной Академии наук эколо-
гии и безопасной жизнеде-
ятельности и Международ-
ной энергетической акаде-
мии. Лауреат Государст-
венной премии СССР, За-
служенный строитель
РСФСР

1946—1956 гг. — Смирнов Василий Василь-
евич;

1956—1976 гг. — Матвеев Анатолий Никола-
евич;

1976—1989 гг. — Курновсов Владимир Алек-
сандрович;

1989—1991 гг. — Страхов Михаил Василье-
вич;

с 1991 г. по настоящее время — Симанов-
ский Валентин Михайлович.

За успехи в трудовой деятельности ряд ра-
ботников института был удостоен почетных
званий:

Герой Социалистического Труда — 1 чел.;

Заслуженный строитель РСФСР — 8 чел.;

Заслуженный архитектор РСФСР — 5 чел.;

Заслуженный архитектор Казахстана —
2 чел.;

Заслуженный архитектор Узбекистана —
2 чел.;

Заслуженный энергетик РСФСР — 2 чел.;

Заслуженный художник РСФСР — 1 чел.

Работникам института было вручено:

орденов Ленина — 34;

орденов Октябрьской Революции — 7;

других орденов СССР и РСФСР — 333;

медалей СССР и РСФСР — 378;

медалей ВДНХ СССР — 140;

премий:

Ленинских — 11;

Государственных СССР — 38;

Международного союза архитекторов — 2;

Государственных РСФСР — 13.

В составе института работали член-корр. АН
СССР В. М. Седов и член-корр. Академии ху-
дожеств СССР Б. А. Свинин. Доктор техн. на-
ук проф. В. А. Курновсов является членом двух
Международных академий. На сегодняшний
день в институте работает 8 докторов и 50 кан-
дидатов наук.

УЧАСТИЕ ВНИПИЭТ В СОЗДАНИИ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

В 50-е годы правительственным соглашени-
ем между СССР и КНР было предусмотрено
создание в КНР ядерной промышленности,
обеспечивающей создание ядерного оружия и
базы для развития ядерной энергетики.

Соглашением предусматривалось комплекс-
ное развитие этой отрасли промышленности,
начиная с добычи и переработки урановой ру-

ды и заканчивая полигонами для испытаний ядерного оружия.

В качестве аналога была принята уже созданная в СССР ядерная промышленность, обеспечивающая возможность производства как урановых, так и плутониевых ядерных зарядов.

Межправительственным соглашением было предусмотрено, что советские специалисты разработают проект в СССР, а рабочая документация будет выполняться на территории Китая совместно советскими и китайскими инженерами.

Такой порядок обеспечивал ускорение выбора оборудования, поставляемого СССР в Китай, и позволял осуществлять подготовку китайских инженеров-проектировщиков на месте.

Институт принимал участие в проектировании объектов и подготовке китайских специалистов по следующим направлениям:

- обогащение изотопов урана;
- наработка плутония-239 на промышленных ядерных реакторах;
- радиохимическая переработка твэлов промышленных реакторов с выделением урана и плутония;
- производство экспериментальных и серийных ядерных зарядов и их испытания.

ОБОГАЩЕНИЕ УРАНА

Для изотопного обогащения урана за основу был принят газодиффузионный метод разделения изотопов, освоенный к этому времени в СССР в широкомасштабном промышленном производстве.

В качестве газодиффузионных машин были приняты машины типов ОК-19, Т-44 и Т-47У с различной производительностью.

Два первых типа машин использовались на аналогичных заводах в СССР, третий тип машин был разработан и изготовлен специально для завода в Китае.

Газодиффузионный завод был запроектирован и построен с целью получения высокообогащенного урана.

В 1958—1960 гг. специалисты института совместно с китайскими инженерами разработали рабочую документацию для комплекса разделительного диффузионного завода, осуществили выбор промышленной площадки и приняли участие в монтажных работах.



В. М. Симановский, начальник технологического отдела, начальник Томского отделения института, с 1991 г. — главный инженер института, первый зам. генерального директора, член Международной энергетической академии



А. Н. Кондратьев, главный научный сотрудник, 1976—1993 г. зам. директора по научной работе, доктор техн. наук, проф., лауреат Государственной премии СССР и премии Совета Министров СССР

Для подготовки персонала эксплуатационников завода институт выполнил проект лабораторного центра, в котором были размещены гидравлические стенды для испытания одиночных машин ОК-19, Т-44 и Т-47У, короткие каскады для этих машин, стенды для испытания и ремонта компрессоров, регуляторов, вакуумной арматуры, приборов и систем управления.

Эта комплексная лаборатория начала функционировать до пуска завода и позволила своевременно подготовить китайский персонал. В дальнейшем на базе лаборатории был создан институт по исследованию и испытанию разделения изотопов.

В работах по проектированию китайского газодиффузионного завода, обучению китайских инженеров, в авторском надзоре активное участие принимали специалисты института: В. А. Лучин, С. А. Пушменков, В. Ф. Чекалов, Б. И. Николаев, С. Ш. Майзель, И. С. Бройдо, М. М. Добулевич, Ю. В. Вербин, В. С. Захаров, М. С. Прохоров, З. Я. Сюрсина, И. В. Гуля-Яновский, Е. И. Абакумов.

РАДИОХИМИЯ

Институт оказывал КНР техническую по-

мощь в создании радиохимического завода для переработки урана, облученного в промышленных реакторах, с целью выделения оружейного плутония.

Перед китайскими инженерно-техническими работниками была поставлена задача освоения специфических проблем совершенно новой отрасли промышленности. Поэтому специалистам института необходимо было вести проектирование и одновременно готовить кадры.

К прибытию советских специалистов в Пекин китайской стороне (в качестве аналога) была передана техническая документация «обезличенного» радиохимического завода с «осадительной» технологией, разработанная институтом, а также общие виды основного технологического оборудования. Китайской стороной было принято решение о строительстве аналогичного завода с меньшей производительностью.

Одновременно осуществлялось обучение китайских инженеров методике и нормативам проектирования, а также передавалась информация о специфических особенностях создания производственных объектов ядерной промышленности.

Специалисты КНР были ознакомлены:

- с терминами и определениями, связанными с радиохимией;

- с санитарными нормами и правилами проектирования предприятий атомной промышленности;

- с нормами и правилами радиационной и ядерной безопасности;

- с требованиями к основному технологическому оборудованию, КИПиА;

- с технологической схемой «осадительной» технологии; принципами компоновки радиохимических сооружений и т.д.

В короткие сроки была разработана техническая документация научного центра под Пекином, и к середине 1960 г. было осуществлено его строительство более чем на 50%.

По радиохимическому заводу была разработана компоновка основных зданий и сооружений, разрабатывалась рабочая документация, велось строительство нулевого цикла основного здания завода.

В июле 1960 г. сотрудничество с КНР в области науки и техники было приостановлено.

После отъезда советских специалистов на Родину инженерно-технический персонал



Я. И. Зильберман, в 50—60-е годы начальник технологического отдела, руководитель работ по проектированию первых радиохимических заводов, доктор техн. наук, проф., лауреат Ленинской премии



М. М. Добулевич, руководитель подразделения по проектированию производств по обогащению урана, доктор техн. наук, лауреат Ленинской премии

КНР уже был способен самостоятельно осуществить строительство радиохимического завода и ввести КНР в состав «ядерных» держав.

В работах до радиохимическому направлению активное участие принимали: В. А. Ершов, А. Н. Кондратьев, А. П. Корнеев, А. И. Смородин, А. В. Гололобов, А. С. Рябев, М. В. Страхов, Л. Д. Королева, В. М. Седов, М. А. Ходос, Б. Я. Радчук, В. П. Брусаков, Н. А. Кобзева, И. Е. Кийко и др.

Их вклад в создание атомной промышленности Китая огромен, и КНР, высоко оценив деятельность специалистов, наградила их правительственными наградами.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В 1957—1958 гг. институт принимал участие в проектировании для КНР первой атомной электростанции.

В качестве энергоисточника для этой АЭС был принят уранграфитовый каналный реактор по типу реактора ЭИ-2, строительство которого в это время велось на Сибирском химическом комбинате. Тепловая мощность реакторной установки составляла ~1000 МВт. Установка в основном предназначалась для работ



Ю. И. Мордвинов,
в 50—60-е годы руководил
подразделением по проек-
тированию объектов 5 и 6
ГУ МСМ и 12 ГУ МО



Ф. Г. Герасимов,
в 50—60-е годы руководил
подразделением по проек-
тированию промышленных
и исследовательских реак-
торов и АЭС

в двухцелевом промышленном режиме. Тепловая схема энергоблока АЭС была запроектирована по двухконтурной схеме. Второй контур предназначался для производства электроэнергии на основе тепла, отводимого от первого контура.

С целью заимствования опыта проектирования установок такого типа в институт из Китая прибыла группа специалистов. За время их пребывания в Ленинграде было разработано проектное задание на строительство АЭС.

Разработка рабочей документации производилась в КНР. Для этого в 1959 г. туда была командирована группа сотрудников различных специальностей из института и других советских организаций, которые работали в качестве технических руководителей проектных работ.

От института в КНР были направлены: Г.В. Кругликов, А.И. Гороховников, Н.П. Дергачев, В.В. Трескунов, В.А. Жданов, Б.Я. Филлипов, Н.Ю. Покровская и др. Общее руководство специалистами института осуществлял А.А. Черняков.

С апреля 1959 г. по август 1960 г. была полностью разработана рабочая проектная документация. Поставка всего оборудования должна была осуществляться из СССР. К августу 1960 г. большинство оборудования было доставлено на место строительства станции. По контракту в дальнейшем предусматривалось

ведение советской стороной авторского надзора за строительством АЭС.

В августе 1960 г. группа специалистов по просьбе Посольства СССР составила и передала китайской стороне справку о состоянии проектирования и строительства на момент отъезда всех специалистов из КНР. В дальнейших работах по созданию АЭС советские специалисты участия не принимали.

ДРУГИЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

Согласно принятому советским правительством в середине 50-х годов постановлению о помощи странам народной демократии в мирном использовании ядерной энергии СССР должен был в кратчайшие сроки поставить в эти страны исследовательские ядерные реакторы и ускорители заряженных частиц.

Институту было поручено выполнение технологического раздела проекта лаборатории с ускорительной установкой. Лаборатория создавалась на базе ускорителя У-120, разработанного НИИЭФА им. Д.В. Ефремова. По тем временам это был классический циклотрон с конкурентоспособными характеристиками.

Запроектированная институтом циклотронная лаборатория представляла собой современный научно-технический комплекс, в котором кроме самого циклотрона со всеми необходимыми системами и службами были размещены радиотехнические, физические, химические и другие лаборатории, где могли проводиться разнообразные научно-исследовательские работы.

Проектные работы велись в Ленинграде, и уже в 1956 г. был выполнен комплексный проект циклотронной лаборатории. Затем группа специалистов института выехала в КНР, и к марту 1958 г. все строительные-монтажные, пуско-наладочные работы были завершены и корпус был готов к пуску.

В разработке проекта, оказании технической помощи и осуществлении авторского надзора принимали участие специалисты института: Г. М. Маилов, В. Д. Мальгинов, В. П. Поличейко.

В это же время в КНР специализированная комплексная бригада сотрудников института, предварительно обследовав ряд действующих промышленных предприятий Китая, выполнила проекты основных объектов по разработке, экспериментальной отработке и серийному изготовлению ядерных боеприпасов.



Здание головного института «ВНИПИЭТ», г. Санкт-Петербург, ул. Савушкина, д. 82

В дальнейшем эти объекты были построены.

В составе бригады работали специалисты института: А. П. Андреев, В. К. Калинин, Д. Ф. Базанов, Б. А. Коновалов, Н. С. Продан, В. Г. Сурков, В. М. Симановский, В. В. Шестаков, О. В. Кузнецов, В. Н. Дементьев, В. С. Коба, В. И. Донченко, Ю. П. Аверьянов, Г. С. Гундосов, И. В. Рогозин, В. С. Осипов. Их вклад также был отмечен правительственными наградами Китая.

В июле 1958 г. в институте был разработан проект исследовательской металловедческой «горячей» лаборатории для КНР. В его составе были чертежи компоновки «горячей» лаборатории, «горячих» камер и боксов, входящих в состав лаборатории, а также технические задания на все комплектующее нестандартизированное оборудование.

«Горячая» часть лаборатории состояла из двух параллельно расположенных цепочек камер и боксов, соединенных между собой продольными и поперечными тележечными транспортерами.

«Горячие» камеры, облицованные внутри нержавеющей сталью, были оснащены смотровы-

ми защитными окнами, защитными дверьми, камерными светильниками, манипуляторами типов М-15А и М-22, фильтрами 1-й ступени воздухоочистки, устройствами дезактивации.

Все металловедческое оборудование было запроектировано с дистанционным управлением. Уровень оснащения лаборатории современной техникой, в том числе и радиационно-защитной, был настолько велик, что она успешно работает до настоящего времени.

В 1991 г. китайские специалисты обратились в Минатомэнергопром СССР с просьбой о модернизации манипуляторного оснащения лаборатории. Им были даны рекомендации по замене манипуляторов М-15А и М-22 на разработанные институтом более современные манипуляторы М-49 и М-58.

Над проектом работали специалисты института: А. П. Белов, А. И. Кононов, С. И. Лебедев, Я. Я. Попов, В. В. Аристов, Д. А. Кульда, М. М. Логунов, П. Н. Федосеев.

В 1992 г. возобновилось сотрудничество между Россией и Китаем в ядерной области.

Институт теоретической и экспериментальной физики

В. В. Владимирский, И. В. Чувило, О. В. Шведов

Постановлением Правительства от 1 декабря 1945 г. была организована Лаборатория № 3. Руководителем лаборатории назначили академика А.И. Алиханова. Впоследствии Лаборатория № 3 называлась Теплотехнической лабораторией, а затем ее преобразовали в «Институт теоретической и экспериментальной физики» (ИТЭФ) под руководством академика А.И. Алиханова и его заместителя В.В. Владимирского. Лаборатория № 3 выполняла физические исследования, проектирование и создание ядерного котла (реактора с природным ураном и тяжелой водой) с перспективой сооружения в будущем тяжеловодных реакторов. Расширение тематики Лаборатории № 3 по использованию в ядерных реакторах не только урана, но и природного тория для наработки урана-235, тоже входило в обязанности лаборатории. Кроме того, по инициативе А.И. Алиханова в Лаборатории № 3 развивались исследования по физике высоких энергий. Усилиями руководства лаборатории был реформирован научный коллектив и создана материально-техническая база. Уже в 1947 г. коллектив лаборатории состоял из 300 сотрудников.

Лаборатории № 3 выделили территорию около 100 га в Москве, в районе Черемушек. В 1948 г. ускоренными темпами было построено специальное здание и пущен циклотрон-ускоритель дейтронов с мигающим пучком на энергию до 12 МэВ. Одновременно в лаборатории начались экспериментальные и теоретические работы, направленные на обеспечение строительства первого в стране ядерного тяжеловодного реактора. К разработке таких реакторов А.И. Алиханов и В.В. Владимирский привлекли известных физиков-теоретиков И.Я. Померанчука, С.Я. Никитина, В.Б. Берестецкого, А.Д. Галанина, Л.Д. Ландау, И.И. Гуревича, а позднее А.П. Рудика, Н.А. Бургова, П.А. Петрова, О.В. Шведова, Г.Н. Караваева и др.

Проектирование опытного тяжеловодного реактора и изготовление всего оборудования

выполняло ОКБ «Гидропресс» Подольского завода тяжелого машиностроения, возглавляемое Б.М. Шолковичем. Научное руководство осуществлял А.И. Алиханов.

В апреле 1949 г. опытный тяжеловодный реактор в ИТЭФ был введен в строй. Многочисленные критические эксперименты, проведенные на этом реакторе, позволили выбрать оптимальную схему загрузки промышленного ядерного реактора, сооружаемого на Южном Урале. На реакторе был выведен специальный пучок нейтронов для измерения сечений взаимодействия с ними различных материалов, разработан нейтронный спектрометр.

Многие экспериментальные работы на нейтронных спектрометрах, многороторном селекторе с роторами, подвешенными в магнитном поле (изобретение ИТЭФ) и на ускорителе проводились под руководством В.В. Владимирского с участием В.В. Соколовского, И.А. Радкевича, С.М. Калебина и др.

По сравнению с уран-графитовым реактором Ф-1, построенным в 1946 г. в Лаборатории № 2, опытный тяжеловодный реактор в Лаборатории № 3 был значительно сложнее, но А.И. Алиханов отмечал такие его преимущества: для загрузки этот тип реактора требовал урана примерно в 8—10 раз меньше. В то время как первый промышленный уран-графитовый реактор имел в активной зоне 150 т урана, первый промышленный тяжеловодный реактор, построенный в Челябинске-40, имел исходную загрузку около 20 т при одинаковой мощности реакторов.

Для Китая и Югославии были изготовлены в 1959 г. опытные тяжеловодные реакторы ТВР-С мощностью 10 МВт каждый. Активное участие в пуске этих реакторов принимал Г.Н. Караваев.

Но самое главное, под научным руководством Лаборатории № 3 крупный промышленный тяжеловодный реактор ОК-180 был построен на Комбинате № 817.

Другим преимуществом тяжеловодных реакторов по сравнению с уран-графитовыми являлось получение плутония более высокого качества. При одинаковом накоплении в уране плутония количество вредного — балластного изотопа плутония-240 в тяжеловодных реакторах в 2 раза ниже.

Проект реактора ОК-180 был разработан конструкторами ОКБ Завода № 92, руководимыми А.И. Савиным, В.Н. Солоновым в Горьком, научное руководство осуществляли А.И. Алиханов и В.В. Владимирский. Разработка урановых блоков велась П.А. Петровым и соисполнителями из других НИИ и лабораторий.

Работы в Лаборатории № 3 велись А.Д. Галаниным, А.П. Рудиком, С.Я. Никитиным, Н.А. Бурговым и др. Монтаж оборудования реактора ОК-180, изготовленного на Заводе № 92 под руководством главного конструктора ОКБ и директора завода А.С. Еляна, начался в середине 1950 г. Все это время академик А.И. Алиханов постоянно проживал на Урале, обеспечивая монтаж и подготовку к пуску сложнейшего корпусного реактора. 17 октября 1951 г. закончили пуско-наладочные работы, и реактор ОК-180 был выведен на проектную мощность. На этом реакторе с более мощным пучком нейтронов проводились (на специальном селекторе нейтронов) исследования по изучению их сечений взаимодействия с ядрами различных изотопов урана, тория, плутония и других материалов. Кроме сотрудников ИТЭФ под руководством В.В. Соколовского, И.А. Радкевича, была привлечена группа сотрудников из Лаборатории № 5 Комбината № 817. Результаты измерений ядерных констант регулярно рассматривались не только руководителями Лаборатории № 3, но и И.В. Курчатовым при его посещениях плутониевого комбината в Челябинске-40.

Несколько лет от Лаборатории № 3 на Комбинате № 817 работали научные руководители. Одним из них был Н.А. Бургов. По заданиям руководства отрасли Лаборатория № 3 разрабатывала совместно с работниками Комбината № 817 различные режимы работы тяжеловодных реакторов для наработки плутония-235, урана-233 и трития*. Кроме Н.А. Бургова, в этих работах активно участвовали А. Д. Галанин, А.П. Рудик, а от Комбината № 817 — Л.А. Шуваев, ставший после Н.А. Бургова заместителем главного инженера завода по науч-

ной работе, и известный физик-теоретик, работник Лаборатории № 5 Ю.И. Корчемкин.

В конце 1970 г. по просьбе правительства Чехословакии под научным руководством ИТЭФ была создана атомная электростанция А-1 с тяжеловодным газовым реактором КС-150. Углекислый газ был использован в качестве теплоносителя, что позволяло существенно сократить количество тяжелой воды в контуре реактора. Руководство Чехословакии, учитывая сложность конструкции АЭС с реактором КС-150, попросило руководство СССР привлечь к строительству советских специалистов. Соответствующее указание было дано Комитету по атомной энергии (ГКАЭ) СССР. ГКАЭ создал специальную бригаду ученых и инженеров для выезда в Чехословакию и организации там необходимых мероприятий по строительству АЭС А-1.

Бригаду специалистов из ИТЭФ возглавил доктор техн. наук Н.А. Бургов.

Н.А. Бургов отвечал за физический пуск КС-150. От ИТЭФ в бригаду входили Г. Н. Караваяев, П.А. Петров, О.В. Шведов, П.И. Христенко, В. А. Митрополевский, Б.И. Иоффе и др. От ГКАЭ СССР — доктор техн. наук Б.Б. Батуров — начальник 16 Главного управления Минсредмаша, отвечавший за энергетический пуск АЭС А-1. Директор Харьковского физико-технического института академик Украинской Академии наук В. Е. Иванов, его заместитель В. Ф. Зеленский и другие специалисты отвечали за твэлы и кассеты.

Всего в советской бригаде было 70 человек. Общую координацию работ от СССР осуществлял председатель ГКАЭ А.М. Петросьянц, а от ЧССР Я. Нейман. В результате проведенных наладочных мероприятий 25 декабря 1972 г. состоялся энергетический пуск АЭС А-1 в Богуннице с включением двух турбогенераторов и выдачей электроэнергии в энергосеть Чехословакии. Однако, в дальнейшем, из-за несоблюдения требований эксплуатации магний-бериллиевых оболочек твэлов, АЭС была остановлена.

Опуская общеизвестные причины неэффективной работы этой АЭС и остановки после Чернобыльской катастрофы экспериментального реактора в ИТЭФ, отметим лишь, что про-

* После реактора ОК-180 на Комбинате 817 были построены и значительное время работали тяжеловодные реакторы ОК-190, а затем ОК-190М.

мышленный тяжеловодный реактор «Людмила», созданный под научным руководством ИТЭФ, успешно работает на комбинате «Маяк» в Озерске, производя необходимые радионуклиды как в интересах обороны (третий), так и для народного хозяйства (кобальт-60 и др.).

ИТЭФ известен как центр ядерной физики по низким, средним и высоким энергиям. Сразу после образования Лаборатории № 3 в институте начались исследования процессов деления урана и плутония, так необходимых для получения научного багажа при производстве урановых бомб. На опытном реакторе в ИТЭФ и на циклотроне под научным руководством А.И. Алиханова и В.В. Владимирского интенсивно проводились измерения ядерных констант и сечений взаимодействия нейтронов с нуклидами большинства материалов, используемых в реакторостроении. Изучались ядерные реакции и т. д.

Совместно с ФИАН впервые была обнаружена (Н.А. Бургов) тонкая структура сечений фотоядерных реакций на ядрах кислорода-16 и углерода-12 в области гигантского дипольного резонанса (открытие № 342).

Для исследования альфа-распада под руководством Л. Л. Гольдина был построен лучший в свое время альфа-спектрометр, при помощи которого установлена тонкая структура многих альфа-переходов, обнаружены группы вращательных уровней у ядер и построены схемы ядерных уровней многих ядер.

Выполнены были принципиально важные работы по бета-распаду (А. И. Алиханов, В.Н. Любимов). Исследована продольная поляризация бета-электронов и измерена зависимость поляризации от скорости электронов. Методом резонансного рассеяния гамма-квантов впервые был правильно установлен вариант взаимодействия в бета-распаде для нескольких ядер и измерены времена жизни возбужденных уровней ряда ядер. Исследован бета-распад свободного нейтрона и измерены его характеристики (В.В. Владимирский).

На электростатическом генераторе ЭГ-5 был открыт новый эффект когерентного возбуждения атомов, проходящих через кристалл, получивший название эффекта Окорокова (открытие № 263).

В масс-спектрометрической лаборатории проводились измерения ядерных констант, изотопный анализ различных веществ и мате-

риалов, изучались свойства различных нуклидов и проводились регулярные арбитражные анализы (Г.М. Кукавадзе).

С получением на тяжеловодном реакторе ИТЭФ интенсивного пучка поляризованных нейтронов был поставлен цикл работ по обнаружению ядерных сил, нарушающих пространственную и временную инвариантность. В 1964 г. впервые обнаружили явление несохранения пространственной четности в электромагнитных переходах ядер (Ю.Г. Абов, П.А. Крупичский, открытие № 178).

В 1973 г. провели оценку временной инвариантности в электромагнитных переходах ядер.

В 1976 г. впервые обнаружили по асимметрии разлета осколков несохранение пространственной четности в процессе деления ядер (Г.В. Данилян, открытие № 256). Не так давно запущен поляризованный протонный фильтр, предназначенный для получения поляризованных нейтронов с энергией до 50 КэВ. Установка имеет лучшие параметры в мире и рекордно высокую поляризацию (92%).

На раннем этапе исследования большим достижением явилось создание в институте уникального спектрометра (Е.Ф. Третьякова) для изучения процессов бета-распада трития.

Большие успехи были достигнуты в ИТЭФ в деле изучения двойного бета-распада различных ядер. Сотрудники ИТЭФ И.В. Кирпичников и другие явились инициаторами и пионерами применения полупроводниковых детекторов, изготовленных из обогащенного германия-76. Это привело к обнаружению двухнейтринной моды бета-распада германия-76, точному измерению периода полураспада и позволило установить предел для безнейтринной моды на уровне $1,4 \cdot 10^{24}$ лет.

В настоящее время ИТЭФ принимает участие в международном проекте ICSEX, целью которого является создание установки для поиска безнейтринного двойного бета-распада германия-76 с рабочим весом германиевых детекторов более 10 кг. В 1993 г. в ИТЭФ впервые измерен период двухнейтринного двойного бета-распада неодима-150 и завершена работа по созданию самой большой в мире трековой камеры в магнитном поле (О.Я. Зельдович). Камера предназначена для поиска безнейтринной моды двойного бета-распада неодима-150.

При помощи уникального, созданного в ИТЭФ бета-ЯМР спектрометра (А.Д. Гулько), измерены времена жизни свежих радиационных дефектов, зависимость времени жизни дефектов от температуры, изучены виды дефектов. Обнаружен эффект корреляции локальных полей на примесных спинах.

С помощью разработанного автоионного микроскопа (А.Л. Суворов) изучались радиационные дефекты в кристаллической решетке в металлах. Впервые получены автоионно-микроскопические изображения материалов высокотемпературной сверхпроводимости.

В институте широко проводились физико-химические исследования (В.Г. Фирсов, В.М. Бяков). Для целей реакторостроения разрабатывались новые методы анализа тяжелой воды и разделенных изотопов. Впервые были разработаны уникальные ядерно-физические методы с использованием легчайших водородоподобных атомов — позитрония и мюония (В.Г. Фирсов). Здесь к числу наиболее ярких научных достижений следует отнести первую идентификацию мюония в конденсированной среде (открытие № 161).

Большой вклад внес институт в изучение физики высоких энергий. Становление и развитие физики высоких энергий в атомной отрасли России невозможно представить без освещения роли ИТЭФ. Институт в настоящее время является одним из основных научно-исследовательских центров физики ядра и элементарных частиц в России. В ИТЭФ проводятся теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных проблем и свойств атомного ядра и элементарных частиц, создаются установки для физических исследований в области физики высоких энергий, автоматизированные системы обработки информации и управления экспериментами, разрабатываются проблемы, связанные с созданием новых видов ускорителей заряженных частиц и ядерных реакторов.

Крупные результаты научных исследований ИТЭФ вошли в фонд достижений российской и мировой науки. Учеными института сделано 12 открытий, зарегистрированных в Государственном реестре и отмеченных дипломами. За выдающиеся достижения присуждены Ленинские премии в области науки 8 сотрудникам, 29 человек стали лауреатами Государственных

премий, 4 сотрудника — лауреатами премии Ленинского комсомола.

Со времени создания направления теоретических работ ИТЭФ менялись, но неизменно теоретические работы по физике элементарных частиц и ядерной физике находились на ее переднем плане. Теоретическая школа ИТЭФ была основана Л.Д. Ландау и И.Я. Померанчуком в 1946 г. В настоящее время возникшие на ее базе современные направления исследования возглавляют Б. Л. Иоффе, А.Б. Кайдалов, А.Ю. Морозов, Л.Б. Окунь, Ю.А. Симонов и К.А. Тер-Мартirosян.

Среди теоретиков более 20 докторов, 37 кандидатов наук. За 50 лет существования ИТЭФ выполнено более четырех тысяч научных работ. Ниже перечислены те из них, которые сыграли особо важную роль в развитии физики и вошли в золотой фонд науки:

«Нуль-заряда» Ландау-Померанчука.

Несохранение зарядовой четности в слабых взаимодействиях (Б. Л. Иоффе).

Теорема Померанчука о равенстве полных сечений для частиц и античастиц.

Теория Редже-полюсов (И.Я. Померанчук и др.).

Четность античастиц (В.Б. Берестецкий).

Теория когерентных состояний (Ю.А. Симонов).

Теория взаимодействия мягких пионов (М.В. Терентьев).

Теория сверхтяжелых атомов (В.П. Попов).

Реджевское описание множественных процессов (К.А. Тер-Мартirosян).

Доминантность светового конуса в глубоконеупругих процессах (А. В. Вайнштейн, В.И. Захаров, М. Л. Шифман).

Вычисление масс мезонных и барионных состояний, магнитных моментов барионов и форм-факторов адронов (Б.Л. Иоффе).

Теория спина протона (Б.Л. Иоффе).

Теория кварк-глюонных струн (А.Б. Кайдалов).

Прецизионные вычисления электрослабых радиационных поправок (Л. Л. Окунь).

Не останавливаясь на полученных результатах теоретических разработок по отдельным направлениям физики высоких энергий, отметим, что экспериментальные работы по физике частиц высоких энергий начались практически сразу же после пуска ускорителей протонов в Дубне и в ИТЭФ.

Преимущество экспериментальных работ с использованием учеными ИТЭФ ускорителей ОИЯИ в Дубне и ИФВЭ в Серпухове особенно стала заметной после назначения директором института И.В. Чувило. Его работа в Дубне вместе с крупнейшим ученым В.И. Векслером позволяла находить нужное понимание при создании новых экспериментальных установок и проведении совместных работ учеными указанных институтов.

За прошедшее время институт выполнил следующие экспериментальные работы.

Проведена большая серия экспериментов по исследованию взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами. Это быстро развивающееся направление стало для института одним из основных. Были впервые измерены сечения упругого обратного pd -рассеяния, измерены и оценены сечения упругого πd -рассеяния, детально исследован механизм квазиупругого взаимодействия, выполнен ряд важных работ по исследованию механизмов взаимодействия легчайших ядер и исследованию малонуклонных систем при промежуточных энергиях.

Впервые измерены инклюзивные спектры адронов и обнаружено новое явление ядерного скейлинга (Г.А. Лексин и др.), проведены детальные исследования этого явления, свойств глубоко неупругих ядерных реакций. Исследованы узкие корреляции нуклонов. Эти работы имеют большое значение для поиска проявления кварковых эффектов в ядерных структурах и исследования размеров области протекания ядерных реакций.

При помощи оригинальной методики с использованием германиевых детекторов исследованы возбуждения ядерных уровней протонами высоких энергий (И.В. Кирпичников).

Получены данные о поляризации инклюзивных протонов, вылетающих из ядер под действием частиц высокой энергии.

Подробно исследована энергетическая зависимость асимметрии упругого рассеяния отрицательных пионов на поляризованных протонах и впервые во второй резонансной области измерены параметры вращения спина R и A (В.П. Канавец).

Проведены исследования взаимодействия с большими переданными импульсами. Получены новые данные о рождении резонансов, вылетающих в заднюю полусферу (И.А. Радкевич).

Исследованы редкие распады мезонов. Основные работы по этой тематике выполнены при помощи пузырьковых камер.

Впервые обнаружены радиационный распад $\omega^0 \rightarrow \pi^0 \gamma$, редкие моды распада $f \rightarrow K^0 \bar{K}^0$ и $f^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ и определены квантовые числа f -мезона, детально изучены квантовые характеристики A_2 -мезона.

Фундаментальное значение для понимания проблемы нарушения CP -инвариантности имело измерение при помощи ксеноновой камеры вероятности распада $K_L^0 \rightarrow 2\pi^0$ и определение значения модуля параметра r^{00} (И.В. Чувило, В.В. Бармин, Е.П. Шабанов).

Выполнена работа по исследованию редких распадов $K_S^0 \rightarrow 3\pi^0$ и $K_S^0 \rightarrow 2\gamma$. Получен самый точный в мире результат по измерению вероятности этих распадов.

На магнитном спектрометре K^0 -мезонов измерены разность масс K_L^0 и K_S^0 -мезонов, интерференция амплитуд распада K_L^0 и K_S^0 -мезонов на положительный и отрицательный пионы.

На магнитном спектрометре со стримерными камерами были получены новые данные о редких распадах K^+ -мезонов.

Учеными института на ускорителе У-70 ИФВЭ получены важные результаты по измерению полных сечений взаимодействия нейтронов с протонами и ядрами, по упругому рассеянию вперед нейтронов на протонах и исследованию нейтрон-протонной перезарядки, дифракционной диссоциации нейтронов на протонах, исследованию рассеяния назад пионов на нуклонах с большими передачами импульса (В.А. Любимов).

Измерена перезарядка отрицательного K -мезона на протоне и получено полное и дифференциальное сечение этой реакции. Накоплен уникальный материал о парном рождении K_S^0 -мезонов и лямбда-антилямбда гиперонов при энергиях 40 ГэВ.

Впервые получены данные о существовании резонансов в системе лямбда-антилямбда.

На установке «Сфинкс» в совместном ИФВЭ-ИТЭФ эксперименте осуществлена широкая программа исследований дифракционного образования мезонных и барионных систем и поисков экзотических (многокварковых) барионов и мезонов (В.Т. Смолянкин).

Проведено систематическое изучение полу-

инклюзивных протон-ядерных реакций в области глубокой фрагментации.

На ускорителе У-70 впервые в СССР начато совместное ИТЭФ — ИФВЭ исследование взаимодействия нейтрино высоких энергий (В.С. Кафтанов). С помощью крупномасштабного нейтринного детектора с искровыми камерами, состоящего из мишени-калориметра и магнитного спектрометра, изучались процессы с нейтральными токами, рассеяние нейтрино на электронах, взаимодействия нейтрино с тяжелыми ядрами фотоэмульсии.

В последующем эти эксперименты были продолжены в рамках международного сотрудничества на установках «Шарм-1», «Шарм-2» на ускорителе в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария) и 15-футовой пузырьковой камере на ускорителе ФНАЛ (США) при более высоких энергиях. Получены важные результаты. На материале 15-футовой камеры впервые наблюдались в реакциях антинейтрино с ядрами неона образование псевдовекторного Γ -мезона и его каскадные радиационные распады. В эксперименте с ядерной фотоэмульсией впервые наблюдался распад очарованного Σ_c^0 на Λ_c^+ и π^- , определена масса Λ_c^+ -бариона.

На установке «Шарм-2» проведено прецизионное измерение параметра смешивания электрослабого взаимодействия синуса угла Вайнберга с целью проверки современной теории электрослабого взаимодействия на уровне радиационных поправок (В.Д. Хованский).

В рамках международного сотрудничества на нейтронном пучке ускорителя СПС в ЦЕРН проведены совместные эксперименты (В.А. Любимов) по изучению упругого рассеяния нейтронов на протонах на сверхмалые углы в условиях, когда отсутствует кулоновское взаимодействие элементарных частиц. Этот эксперимент стал возможен, главным образом, благодаря новой и оригинальной конструкции детектора — мишени, разработанной и изготовленной в ИТЭФ.

На этом же ускорителе завершен ЦЕРН-ИТЭФ эксперимент по рождению одиночных фотонов в π^-p , π^+p и pp -взаимодействиях. Измерены инклюзивные сечения рождения одиночных фотонов в этих реакциях.

В рамках международного эксперимента АРГУС, начатого в 1975 г. на электрон-позитронном накопителе ДОРИС в лаборатории

ДЕЗИ (Германия), выполнена программа исследований в области физики B -мезонов, тау-лептонов и очарованных частиц (М.В. Данилов).

Детально исследованы свойства системы связанных bb -кварков (боттомония). Получены уникальные данные об электромагнитных и адронных переходах между уровнями этой системы.

Интересные результаты получены по фрагментации тяжелых кварков при аннигиляции электронов и позитронов в области энергий 10 ГэВ, а также по рождению резонансов в фотон-фотонных столкновениях. Исследования свойства тау-лептона, самого тяжелого из известных в настоящее время лептонов, получены данные о структуре слабого тока в распадах тау-лептона. Обнаружен неизвестный ранее распад $\tau \rightarrow \omega^0 \pi \nu$.

Детально исследованы распады частиц, содержащих c - и b -кварки. Обнаружен целый ряд ранее неизвестных распадов, что позволило существенно уточнить параметры электро-слабой теории, в частности, обнаружен распад b -кварка в u -кварк.

К наиболее ярким результатам последнего периода относятся обнаружение осцилляций нейтральных B -мезонов, полулептонных распадов B -мезонов в состояние, не содержащее очарованных кварков, измерение массы тау-лептона, измерение спиральности тау-нейтрино и параметров Мишеля в распадах тау-лептона. Установлена универсальность и для распадов.

Разработаны проекты создания специализированных накопительных колец — «фабрики B -мезонов».

В эксперименте Н1, выполняемом в рамках международного сотрудничества на электрон-протонном накопителе ГЕРА в ДЕЗИ (Германия), впервые, в рекордно широких диапазонах бьеркеновской переменной X и квадрата переданного импульса Q^2 проведено измерение структурных функций с целью изучения структуры нуклона. Обнаружен явный рост структурных функций с уменьшением X при фиксированном Q^2 .

В рамках международного сотрудничества ИТЭФ-ЦЕРН ученые института приняли участие в сооружении крупнейшей установки ЛЗ (Ю.В. Галактионов) для экспериментальных исследований фундаментальных взаимодействий

вий на встречных электрон-позитронных пучках ускорителя ЛЕП в ЦЕРН, ими создан адронный калориметр и магнит.

Установку ЛЗ запустили в конце 1989 г. и сразу же получили первые результаты: определены параметры нейтрального промежуточного бозона Z^0 , впервые определены векторная и аксиально-векторная константы нейтрального слабого тока, проведены поиски суперсимметричных частиц в электрон-позитронных реакциях и оценены границы рождения этих частиц.

Установлено, что в природе существует только три типа легких нейтрино. Все полученные результаты согласуются с предсказаниями стандартной модели электрослабого взаимодействия с точностью лучше 0,5%, что позволило установить ограничения на массу шестого T -кварка, позже открытого в FNAL.

Крупные успехи были достигнуты учеными ИТЭФ в разработке новых методик исследований в области физики высоких энергий, создании эффективных детекторов для регистрации частиц, электронной аппаратуры и автоматизированных систем съема, контроля и обработки информации.

ИТЭФ первым в СССР начал разработку пузырьковых камер (В.Г. Першин, Ю.С. Крестников, С.Л. Никитин), впервые была показана возможность измерения ионизации в пузырьковой камере и внедрены в мировую практику такие рабочие жидкости, как фреоны, смеси пропан-этан, фреон-ксенон, пропан-ксенон, чистый ксенон.

Была разработана и построена целая серия

жидководородных (С.Л. Никитин, Я. Селектор, В.Т. Смолянкин) и тяжеложидкостных пузырьковых камер, в том числе 80-ти сантиметровая и двухметровая ЖВК, 180- и 700-литровые ксеноновые пузырьковые камеры (Е.П. Кузнецов).

Введена в строй 80-ти сантиметровая жидкогелевая пузырьковая камера. Коллективом института решен ряд важных проблем создания крупных ускорительных установок для исследований физики высоких энергий.

Учеными ИТЭФ были выполнены все расчеты протонного синхротрона ИТЭФ на энергию 7 ГэВ, протонного синхротрона ИФВЭ на энергию 70 ГэВ, созданы их физические проекты и осуществлено научное руководство их строительством. Физический пуск У-70 осуществлялся совместно с ИФВЭ.

В 1973 г. протонный синхротрон ИТЭФ реконструировали, измерили магнитную систему ускорителя, заменили ускоряющие станции и увеличили до 9,3 ГэВ энергию ускоренных протонов. Интенсивность пучка составила 10^{12} протонов/цикл при частоте повторения 20—25 циклов в минуту.

В настоящее время проводится очередная модернизация синхротрона, в результате которой будет получена возможность ускорять ионы до энергии 3—4,5 ГэВ/нуклон.

В ИТЭФ совместно с ИФВЭ была разработана теория фокусировки пучков с большой плотностью пространственного заряда, предложен и опробован метод пространственно-однородной квадрупольной фокусировки (ПОКФ), который сейчас широко используется в мире.

Государственный специализированный проектный институт и его вклад в развитие ядерной промышленности

Е. И. Тюрин, Н. П. Финешин

Постановлением Совета Министров СССР № 200-90 от 8 февраля 1948 г. на базе проектно-конструкторского бюро НИИ-9 и филиала Ленинградского института ГСПИ-11 в Москве был создан второй проектный институт в системе ПГУ — Государственный союзный проектный институт (ГСПИ-12), в настоящее время Государственный специализированный проектный институт (ГСПИ).

Главной задачей, возложенной на институт в тот период, являлось создание проекта производства металлического плутония и изделий из него, а также изделий из обогащенного урана.

В первые годы своего развития структура института строилась из специализированных отделов производственного и вспомогательного назначения. В дальнейшем, по мере расширения тематики института, принятая структура совершенствовалась и менялась в зависимости от объема работ. В начальный период в состав института входили отделы: инженерных изысканий, горный, обогатительный, технологический, генплана, архитектурно-строительный, сантехнический, оборудования, энергетический, технико-экономический, сметный, конструкторский, технический. Однако этих подразделений было недостаточно для того, чтобы охватить весь комплекс проектных работ, который возлагался на институт. В связи с этим руководство института привлекло многие специализированные организации и срочно создало новые подразделения. Так в конце 1948 г. образовали второй технологический отдел по механической обработке и металлургии. Начальником отдела назначили Л. А. Шагалова, затем А. В. Гусева и И. О. Спивака.

К 1958 г. комплектование завершилось и численность составила более 1000 человек. Институт размещался на территории НИИ-9 и находился в крайне стесненных условиях: на одного человека приходилось не более двух квадратных метров.

В 1957 г. институт отпраздновал новоселье:

ему выделили производственное здание, которое ранее занимало ПГУ. С первых дней работы основные трудности новый коллектив испытывал в том, что большинство создаваемых производств не имели до конца отработанных научными организациями технологий и опыта, так как отрасль создавалась впервые. Отсутствовали нормативные материалы. Сжатые сроки проектирования и строительства требовали опережающей выдачи чертежей на изготовление оборудования до полного окончания проекта и часто без экспериментальных проверок. Соблюдение особых режимных условий также создавало определенные сложности в работе.

В 1948 г. НИИ-9 передал институту проектные работы Комбината № 7 в Силамяз ЭССР (весь комплекс), Завода № 906 в Днепродзержинске (первая очередь), Комбината № 817 в Челябинске-40 (первое производство), Рудоуправление № 8 в Киргизской ССР (весь комплекс); дополнительно были поручены проектные работы по Комбинату № 817 (второе производство), Заводу № 906 (вторая очередь — весь комплекс), Заводу № 250 в Новосибирске (весь комплекс), Заводу № 544 в Глазове (строительная часть), Цеху № 13 (весь комплекс) Завода № 12 в Электростали. По всем этим объектам институт назначили генеральным проектировщиком.

В 1948 г. ГСПИ-12 поручили проектирование Завода «В» (первая очередь), получение металлического плутония и изделий из него, и вторая очередь — получение изделий из урана высокого обогащения для создания ядерного оружия. Научное руководство возложили на НИИ-9. Для института это была важнейшая работа. Проектирование завода стало возможным после завершения исследовательских и экспериментальных работ, которые проводились в НИИ-9 в течение 1946—1948 гг. по выделению плутония из облученных блочков урана в реакторе Ф-1 Лаборатории № 2, получению металлического плутония и изучению



Здание ГСПИ

физико-химических свойств металла. Огромный комплекс сложных исследований позволил создать технологию получения плутония и изделий из него. Ввод в эксплуатацию нового промышленного уран-графитового реактора «А» и радиохимического Завода «Б» на Комбинате № 817 позволил уже в 1948 г. ГСПИ приступить к созданию проекта металлургии промышленного плутония. Главным инженером проекта назначили Г.П. Панкратова.

Первоначально Завод «Б» создавался как опытно-промышленное производство Комбината № 817, которое приспособлялось под изготовление изделий для основного образца ядерной бомбы. Оборудование, которым оснастили опытный завод, было в основном лабораторным, поэтому на созданном производстве условия труда были тяжелыми и крайне сложными. Отсутствовали контрольно-измерительные приборы и какая-либо механизация. Большинство вспомогательных операций проводилось вручную. Многие из недостающего оборудования и приборов разрабатывалось и изготавливалось на месте. Параллельно создавались службы завода, лаборатории и т. п.

В августе 1949 г. на заводе изготовили изделия из плутония для первой ядерной бомбы.

тать технологию и приступить к созданию промышленного производства ядерных материалов. В дальнейшем на Комбинате № 817 по проектам ГСПИ-12 (главный инженер проекта Л.Т. Житченко) началось строительство новых промышленных цехов. Производство размещалось на двух площадках: на первой площадке — химико-металлургическое со всеми вспомогательными службами, на второй — обработки и изготовления изделий. Новое производство создавалось с учетом выявленных недостатков в опытно-промышленном, повышенных требований к ядерной и радиационной безопасности, санитарии, а также устранялись выявленные недостатки в технологии. Технологический процесс организовали в специально разработанных перчаточных боксах и камерах, что в какой-то степени изолировало это рабочее пространство цеха. Были предусмотрены принудительная вентиляция и очистка выбрасываемого воздуха.

Тем не менее, внедренных технологических решений оказалось недостаточно для обеспечения санитарных требований.

В последующие годы шло дальнейшее совершенствование производства. В 1960 г. на первой площадке построили новый корпус для химико-металлургического производства обогащенного урана. Производство было организовано по принципу зональной планировки, что являлось принципиально новым подходом к созданию такого типа производств. Все зоны друг от друга изолировали, обеспечили вентиляцией и очисткой выбрасываемого воздуха. Технологический процесс организовали в рабочей зоне, где установили специальные перчаточные боксы и камеры, оснащенные необходимым оборудованием, но внедренных мероприятий и технических решений оказалось недостаточно для полной гарантии безопасности. Поэтому в конце 60-х годов на этой площадке построили аналогичный корпус для химико-металлургического производства плутония, но с более высокой механизацией и автоматизацией и заменили перчатки на манипуляторы.

В эти и последующие годы шло дальнейшее совершенствование первого и второго производств по обработке и изготовлению изделий. Внедрялись новые технологии, значительно

шение производств металлов в разных производственных корпусах. Учитывая потребность страны в делящихся материалах, создали аналогичное производство на химическом Комбинате № 816 (Томск-7).

Успешная работа коллектива ГСПИ-12 по созданию производства плутония и обогащенного урана была высоко оценена правительством. Звания лауреата Государственной премии были удостоены ведущие специалисты Н. П. Алексахин, Л. Р. Дулин, И. Х. Минц, Г. П. Панкратов, А. Л. Тараканов, А. А. Карпухин.

Значительный вклад в создание производства «В» внесли: Л.Т. Житченко, П.Я. Беляев, В.Ф. Леонтьев, А.П. Шикавко, А.Г. Грицкова, И.Н. Бобровникова, Н.И. Ларин, В.М. Крупчатников, В. П. Фролова, Д. И. Печорин, В. А. Костин, Ю. Ф. Колотилов, Н. С. Аносов, Л. Н. Баранов, Ю. И. Кузьмин, С. А. Орлова, В. Д. Киреев, З. Ф. Шерстюк, И. А. Ковригин, Н.А. Тихонова, У.М. Ахунов, Ж.Н. Самолина, Е.П. Федосеев и др.

В 1950 г. на Комбинате № 817 организовали производство получения трития и изготовление специальных изделий из его соединений для термоядерного оружия. Проектированием производства занимался ГСПИ-12. Главным инженером проекта назначили Л.Т. Житченко, главными разработчиками технологии — НИИ-9 (директор В.Б. Шевченко) и Институт физических проблем (директор А.П. Александров). Сырьем для наработки трития служил литий-6 в блочках. Промышленное производство гидридов, а также и дейтерида лития по проектам ГСПИ-12 было создано на Кирово-Чепецком химическом комбинате, Электро-стальском машиностроительном заводе и Новосибирском заводе химических концентратов.

Проектное задание разработали в начале 1951 г. Тогда отсутствовала большая часть оборудования и контрольно-измерительных приборов. Основным разработчиком нестандартизированного оборудования являлись НИИ-ХИММАШ, Московское и Харьковское отделения и другие заводы. В ноябре 1952 г. весь комплекс работ по их изготовлению успешно завершили, и в августе 1953 г. провели испытания термоядерного устройства. В дальнейшем в технологию получения трития и изде-



Московский завод полиметаллов

чков с повторным использованием перешли на обработку крупных партий блочков (500 шт.) без повторного использования с последующим захоронением после проверки полноты извлечения, а также внесли планировочные конструктивные изменения в локализацию вредных процессов.

Группа ведущих специалистов института была отмечена высокими правительственными наградами и званиями. Звание лауреат Государственной премии присвоили: Л. Р. Дулину, И.И. Бочкову, П.Я. Беляеву, С.О. Петросяну, награждены «Орденом Ленина» И.И. Титаев, Ю.М. Ивакин, орденом «Трудового Красного Знамени» Н. С. Аносов, В. Л. Добровольский, орденом «Знак почета» А. П. Шикавко, В. А. Макаренко.

Значительный вклад в создание производства внесли: Л. Т. Житченко, З. В. Сагутонова, Т.Я. Занин, П.А. Пастухов, К.П. Деженина, А. И. Суриков, В. Ф. Леонтьев, В. Н. Каталев, И.К. Бобровников, К.Д. Родионов, А.П. Хайлов, О.А. Челюк, Ю.Л. Конокотин, Г.У. Щербенок, И.С. Шмелев, А.И. Белов, А.И. Богат, А. П. Грыжин, Г. И. Лукишов, Н. И. Ларин, Г.П. Ляхов, В.М. Крупчатников, В.П.Фролова, К.В. Поломожных, Д.И. Печорин, С.А. Орлова, Д.В. Антонова, В.А. Костин, Ю.Ф. Колотилов, Н.Д. Комах, М.М. Усоев, Ю.А. Благодатских и др.

За развитие и совершенствование технологии производства трития в последующие годы главный инженер проекта Л.Т. Житченко в числе других был удостоен Ленинской премии.

добычи и переработки урановых руд. При наличии обогащенного урана с вводом диффузионных заводов появились возможности его использования не только в военных, но и в мирных целях в различных исследовательских и специальных реакторах. Это дало толчок развитию ядерной энергетики, медицины и т.п.

По проектам института реконструировали, построили и ввели в эксплуатацию гидрометаллургические аффинажные, металлургические производства урана и его соединений, а также производства кальция, циркония и бериллия, которые были необходимы для развивающейся ядерной энергетики, для народного хозяйства на:

Кирово-Чепецком механическом заводе в Глазове УдАССР (главный инженер проекта, А. М. Масленников, затем К. В. Бурцев и Е. Б. Шеин;

Приднепровском химическом заводе в Днепродзержинске (главный инженер проекта Г. И. Пляшкевич, затем В. П. Нусс и Б. А. Васильев);

Новосибирском заводе химических концентратов (главный инженер проекта Б. В. Лаговский, затем Г. Н. Капранов);

Машиностроительном заводе в Электростали (главный инженер проекта А. И. Лобанов, затем Л. А. Шагалов и А. В. Глухов);

Ульбинском металлургическом заводе в Усть-Каменогорске; (главный инженер проекта М. Г. Клячкин, затем А. Д. Лонский, Г. А. Капранов и В. П. Суханов);

Гидрометаллургическом заводе в Чкаловске Таджикской ССР (главный инженер проекта А. А. Павлычев) и ряде других заводов.

Для разработки проекта на Заводе № 12 в Электростали создали комплексную бригаду проектировщиков из трех институтов: ГСПИ-11, ГСПИ-12 и Гипроредмет. Одновременно был создан творческий коллектив на заводе в Глазове. В задачу бригад входило максимально использовать опыт Завода № 12 по созданию аналогичного производства и использовать имеющееся на заводах оборудование. Разрабатывалось новое технологическое оборудование, в том числе специальное, которое раньше промышленностью не выпускалось. Сроки были жесткими. В основном строительство шло параллельно разработке проекта, оборудование изготовлялось без предварительного опро-

бования, что естественно осложняло пуск и эксплуатацию.

В 70-е годы дальнейшее развитие получили производства урана, циркония и кальция. По проектам института на Кирово-Чепецком механическом заводе ввели производство урана с использованием нового метода кальций-термического восстановления. Новый метод позволил повысить производительность труда и улучшить физические свойства металла, в свою очередь, что потребовало расширить производство кальция высокой чистоты. На этом же заводе реконструировали производство циркония и значительно увеличили мощность, которая удовлетворила потребность ядерной энергетики страны и зарубежья. За эту работу большой группе сотрудников института была присуждена премия Совета Министров СССР: Е. Л. Макееву, В. В. Фролову, Е. П. Федосееву, Е. Д. Спицину, Е. В. Лесничей, Н. Е. Королеву, Н. Н. Крынкину, А. Б. Стависскому, К. Г. Малышеву, а главному инженеру проекта К. В. Бурцеву присуждена Государственная премия.

В это же время с развитием большой энергетики на Приднепровском химическом заводе реконструировали и расширили производство циркония ядерной чистоты для изготовления топливных оболочек. На этом же заводе создали экспериментальное производство по отработке технологии получения циркония по содово-экстракционной схеме.

В 80-е годы металлургическое производство циркония на Кирово-Чепецком механическом заводе реконструировали; внедрили новые прокатные станы, электронно-лучевые печи, автоматизированные линии механической обработки изделий.

В связи с большой потребностью в бериллии высокой чистоты в ядерной энергетике, в радиотехнической, авиационной промышленности и народном хозяйстве, Правительство страны приняло решение об увеличении производства бериллия. В связи с этим в 70—80-е гг. были выполнены проектные работы по расширению и реконструкции бериллиевого производства на Ульбинском металлургическом заводе. В проекты заложили новые технологии (сорбционную, гидролизно-карбонатную и т. п.) получения бериллия и изготовления изделий из него методом гидростатического прессования в вакууме.

Наибольший вклад в работы этих направле-

ний внесли В. Л. Арефьев, М. Г. Клячкин, С. О. Петросян, З. В. Сагутонова, А. П. Чупраков, В. Ф. Дрюков, Е. И. Тюрин, Г. Н. Капранов, Е. Д. Спицын, Д. С. Майоров, Н. С. Аносов, Л. И. Блескин, А. М. Масленников, Н. П. Финешин, Г. И. Пляшкевич, В. П. Нусс, Н. П. Александрин, Г. И. Лукишов, Л. Р. Дулин, В. П. Суханов, Г. М. Карпов, А. С. Воронцов, Л. А. Шагалов, К. В. Бурцев, Е. Б. Шеин, Б. В. Лаговский, М. М. Чехлатов, В. И. Ионов, Н. Е. Королев, Б. Н. Грачев, Л. И. Глазков и др.

Институт стоял у истоков (1953 г.) зарождения ядерной энергетики. Первым заданием являлся проект создания производства тепловыделяющих элементов для первой в мире АЭС в Обнинске. Технологом-руководителем назначили В. А. Малых. Технология изготовления твэлов, а также их конструкция были разработаны в ФЭИ (Обнинск). В целях более оперативного решения организационных и технических вопросов на площадке в ФЭИ создали бригаду во главе с А. Д. Коневым — главным конструктором института. В задачу бригады входила разработка оборудования и стендов для изготовления и испытания твэлов перед постановкой в реактор. Производство организовали на базе лабораторных установок физико-энергетического института.

Большую работу в организации этого производства провел Завод № 12, в основном по оптимизации технологического процесса. В апреле 1954 г. цех выдал комплект твэлов для загрузки реактора. Одновременно институт создал бригаду на Заводе № 12 в Электростали, главным инженером проекта и руководителем бригады был назначен Л. А. Шагалов. В задачу бригады входила разработка промышленных участков для изготовления твэлов будущих опытных промышленных АЭС. Это потребовало создания большого количества нестандартного оборудования и стендов для испытания твэлов. В связи с отсутствием свободных площадей на заводе для размещения участков была проведена реконструкция отдельных цехов: сначала опытного, а затем и серийного производства твэлов.

В 50-х годах институт разработал проект изготовления транспортных твэлов по технологии НИИ-9 и ОКБМ (Горький), для первого атомохода «Ленин», который вступил в эксплуатацию в 1959 г.

В 60-х годах институтом разрабатывался



Приборный завод «Сигнал» в Обнинске

проект серийного производства твэлов для реакторов типов ВВЭР и РБМК. В это же время КБ института разрабатывал проекты модернизации оборудования для сборки ТВС всех типов реакторов и организации производства концевых, комплектующих деталей и узлов для твэлов и ТВС, производства двуокиси керамического сорта по газопламенной технологии. С вводом новых производственных корпусов в эксплуатацию началось серийное производство двух типов твэлов реакторов РБМК и ВВЭР, объем выпуска которых нарастал из года в год.

В связи с программой строительства АЭС на территории СССР и в некоторых странах СЭВ (ГДР, ВНР, БНР, ЧССР), а также в Финляндии, созданное производство не могло полностью гарантировать стабильность и качество изготовления, так как осталось еще много ручных операций и производство не было приспособлено к серийному выпуску. Для удовлетворения потребности в изделиях Министерством было принято решение о создании автоматизированной линии изготовления твэлов и ТВС.

В 70-х годах по проекту института (главный инженер проекта Л. А. Шагалов, позже А. В. Глухов) было организовано производство для изготовления твэлов реакторов ВВЭР-440 на базе двух автоматизированных линий (разработчик — ГДР по заданию ГСПИ и завода), оснащенных новейшими средствами контроля и управления. Созданное производство было высоко оценено правительством. Главный инженер

проекта А. В. Глухов был удостоен высокого звания лауреата Государственной премии.

Несколько позже (главный конструктор Ю. В. Чуканцев) под непосредственным руководством директора завода, в тот период им был В. Ф. Коновалов, разрабатывалась автоматизированная линия — модуль для изготовления твэлов реактора РБМК-1000. Созданное по проектам института при активном участии коллектива завода в Электростали производство вывело завод в лидеры изготовителей тепловыделяющих сборок для активных зон ядерных реакторов различных типов: ВВЭР-440; РБМК-1500; БН-350; БН-600; АСТ-500, а также для реакторных установок судов морского флота.

В этот же период институтом разрабатывался проект (главный инженер проекта Г. Н. Капранов) производства твэлов и ТВС для активных зон ядерных реакторов ВВЭР-1000 на Новосибирском заводе химических концентратов. Свердловский завод разработал проект для производства твэлов на базе механизированной линии, а КБ ГСПИ — для ТВС на базе стенов и установок с транспортными устройствами.

За создание производства главный инженер проекта Г. Н. Капранов был удостоен звания лауреата Государственной премии. Параллельно этим работам создается по проектам института производство топливных таблеток для реакторов типов РБМК и ВВЭР на Ульбинском металлургическом заводе.

Значительный вклад в создание новых производственных мощностей по производству тепловыделяющих элементов ТВС внесли: Л. А. Шагалов, Л. И. Блескин, Н. С. Аносов, Н. Е. Королев, Д. С. Грачев, Л. Н. Баранов, Н. Г. Новиков, В. А. Костин, В. И. Крупчатников, Л. И. Глазков, И. А. Ковригин, А. С. Иголкин, Г. И. Лукишов, Н. И. Ларин, О. А. Челюк, В. И. Еркин, Н. Е. Орлова, А. В. Курнаев, О. М. Волков, А. К. Шеплевский, В. С. Владимиров, В. Г. Ким, В. Г. Горovenko, В. П. Суханов и др.

С развитием производства тепловыделяющих элементов и сборок расширили выпуск стержней СУЗ, ПЭЛ на Московском заводе полиметаллов и создали поточное производство с использованием нестандартизированного оборудования. Это стало возможным благодаря реконструкции и расширению старого завода, ко-

горый с 1932 г. специализировался на выпуске высокочистых редкоземельных металлов и их оксидов. По проектам института (главный инженер проекта А. А. Павлычев, затем И. О. Спивак, А. Т. Авдонин, и Г. Н. Ключе) — по существу был построен новый завод с современными технологиями и совершенным оборудованием по получению в необходимых, как для нужд отрасли, так и для народного хозяйства страны, количествах редкоземельных металлов (европия, гадолиния, тербия, диспрозия, иттрия, самария). Эти металлы с большим сечением захвата тепловых нейтронов используются для изготовления управляющих стержней ядерных реакторов. Некоторые из них используются в производстве магнитных сплавов, а также в химической и стекольной промышленности, в различных областях науки и техники. Оксиды редкоземельных элементов, в свою очередь, широко используются в производстве люминофоров для цветного телевидения, оптических стекол, огнеупоров и т. п.

В 1960 г. по проектам института на Машиностроительном заводе в Электростали создали производство изотропных ферритобариевых магнитов различных геометрических форм (диски, кольца, пластины), которые широко использовались в электронной промышленности, авиационной и пр.

Наибольший вклад в создание новых производственных мощностей внесли: Э. В. Хрятова, И. М. Иванова, Е. Д. Спицын, А. Т. Авдонин, Г. Н. Ключе, Д. С. Грачев, А. А. Павлычев, И. О. Спивак и др.

В 60—70-е гг. с расширением профиля и увеличением объема проектных работ, руководство института приняло решение о создании новых структурных подразделений:

отдела 21 — по проектированию исследовательских реакторов и стенов (отдел возглавил В. Е. Александров, затем И. И. Титаев);

комплексных отделов:

29 (Днепродзержинск, начальник Ю. Л. Попов);

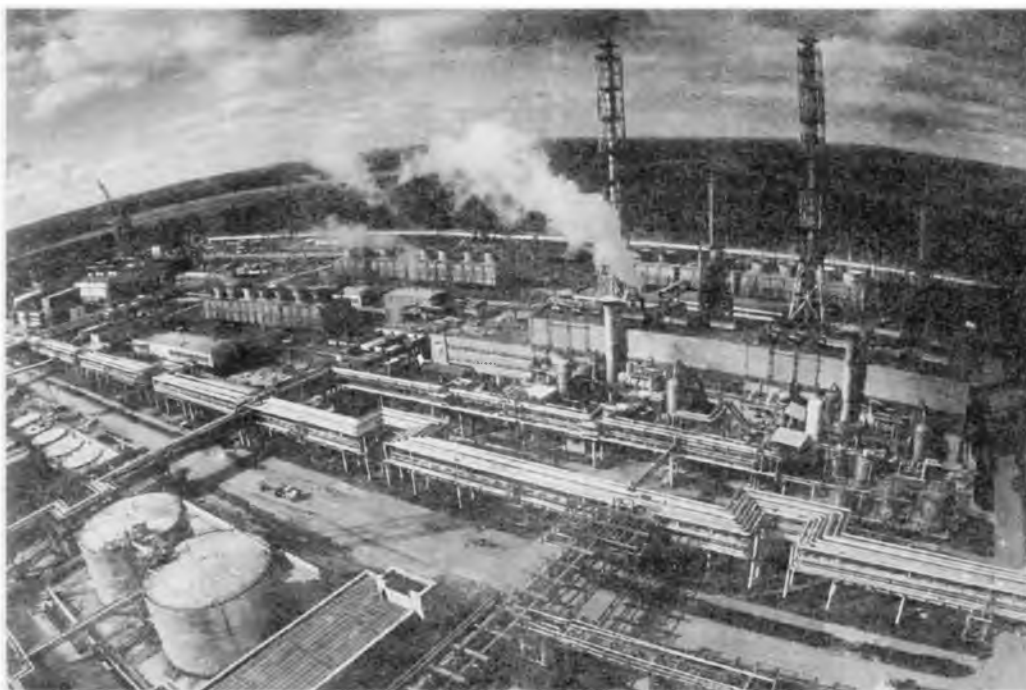
32 (Глазов, начальник М. Е. Мартынюк);

33 (Протвино, начальник Б. А. Мишурин);

34 (Кирово-Чепецк, начальник А. А. Домрачев);

БКП-1 (Электросталь, начальник В. А. Русinov).

* В 1963 г. филиал института передан ГСПИ-11.



Завод минеральных удобрений в Кирово-Чепецке

Ранее, в 1954 г., был создан филиал* ГСПИ в Новосибирске.

В 1965 г. на базе вычислительного центра создали отдел механизации инженерных расчетов и автоматизации проектных работ.

В целях повышения качества проектных работ в 1962 г. реорганизован технический отдел института, в нем были созданы новые подразделения (группа специальной информации) и бюро: подготовки проектирований, стандартизации, патентное, научной организации труда, технической информации. В этот период проводилась большая работа по научной организации труда. Отрабатывалась топология проектирования, создавались нормативные и руководящие материалы по новым видам производств, была организована предпроектная подготовка исходных данных и введено централизованное обеспечение нормативными материалами и т. п. Разрабатывались новые типовые проекты рабочих мест на основе научной организации труда для рабочих массовых профессий, отдельных участков, цехов. В практике проектной работы широко внедрялись ЭВМ. Отдельные виды проектных работ выполнялись автоматизированным способом с помощью графопостроителя. В 1990 г. применялись

более 100 программ на ЭВМ. Кроме того, в институте внедрен проект АСУП собственного производства, с подсистемами: планирование проектных работ, бухгалтерско-финансовая деятельность, кадры, материально-техническое обеспечение, введен нормоконтроль для всей проектной документации. Все это способствовало значительному повышению качества проектно-сметной документации.

В 70-х годах в институте проводилась плановая работа по разработке системы управления качеством проектных работ, благодаря которой институт вышел на новый уровень технических решений. Большой вклад по внедрению научной организации труда как в собственное производство так и в проекты внесли Н. П. Финешин, Л. С. Орлова, Н. П. Лысенко, В. В. Промахов, И. С. Шатунов, С. С. Баракова, Т. В. Платицына, Л. Ф. Козлова, А. Г. Малиновская, М. Н. Казанский, А. Д. Борисов, Л. М. Первова, Л. И. Борисова, В. Т. Борщев, Л. Р. Дулин, Л. Н. Владимирова, В. С. Липинский, Б. И. Куров, А. П. Чупраков и др.

Основное внимание в проектировании уделялось техническому перевооружению, реконструкции и модернизации действующих производств с использованием малоотходных,



Руководящий состав института в 1960—1986 гг.
Сидят слева направо: Е.И. Тюрин, Е.Л. Макеев,
Ф.З. Ширяев, И.В. Рунов, В.И. Быков; стоят слева
направо: Г.А. Дубенко, А.З. Ковальчук, Н.П. Финешин,
Б.И. Куров, В.В. Фролов, С.Т. Шершнев

безотходных и ресурсно-сберегающих технологий, комплексной механизации и автоматизации, организации рабочих мест на научной основе, внедрению автоматизированных систем управления отдельными технологическими процессами и производством в целом, метрологическому обеспечению и т. п. Комплекс мер, осуществленных в институте, обеспечил достижение высоких технико-экономических показателей большинству спроектированных и построенных промышленных предприятий. Большой вклад в достижение высоких показателей внесли И.А. Морель, А.А. Штеерман, В.Д. Филаретова, Н.М. Михайлова, А.А. Абрамова, К.Н. Цветков, В.М. Медведева, С.О. Петросян, Л.В. Лямочкин, А.А. Андреев, И.Н. Ефимов, М.Ф. Петрушков и др.

Руководство отрасли понимало, что нельзя разрешить проблему энергетики, заниматься поиском принципиально новых источников энергии и развивать фундаментальную науку без создания мощной научно-производственной базы. В связи с этим перед институтом были поставлены задачи в кратчайшие сроки разработать проекты расширения, реконструкции и создания новых научных центров с экспериментальными базами и лабораториями. На протяжении десятилетий ГСПИ, являясь генеральным проектировщиком многих научно-исследовательских институтов, выполнял проектные работы для: института им. И.В. Курчатова и его филиала в Троицке, ВНИИНМ им. Бочвара, НИКИЭТ,

НИКИМТ, ВНИИРТ, ИФВЭ в Серпухове, ОИЯИ в Дубне, НИИТВЭЛ в Подольске, ФЭИ в Обнинске, ИТЭФ в Москве, СНИИП в Москве, ХФТИ, ИЯИ АН УССР, НИИприборов в Лыткарино, института «Биофизики» МЗ РФ, НПО «Красная звезда», метеостра в Обнинске, НПО «Луч» и ОКБ «Гидропресс» в Подольске и др.

В настоящее время научно-исследовательские институты ведут широкий спектр научно-исследовательских и экспериментальных работ по многим направлениям, в том числе ядерному топливу и тепловыделяющим элементам энергетических реакторов, переработки отработавшего топлива энергетических реакторов, материаловедению и металлофизике деформируемых и конструкционных материалов, металлургии и обработке материалов и сплавов, сверхпроводящим материалам и системам управления, перспективным типам низко- и высокотемпературных сверхпроводников, фильтрующим элементам, поиску новых источников энергии, физики твердого тела, созданию новых конструкций аппаратов и приборов и т. п.

В связи с расширением в стране исследований в области физики элементарных частиц, в 70-е годы институтом были выполнены уникальные по технической оснащенности проекты, наиболее интересными являлись:

протонный синхрофазотрон энергией 70 ГэВ в ИФВЭ (главный инженер проекта С.Г. Филаретов, позже Г.П. Воронцов), принятый в эксплуатацию в 1967 г.;

кольцевой ускоритель электронов энергией 6,5 ГэВ для института физики в Ереване (главный инженер проекта А.В. Лавров).

Благодаря достижениям науки и техники в создании электрофизической аппаратуры в 1977 г. приступили к проектированию крупнейшего в мире ускорительно-накопительного комплекса на энергию ускоренных протонов 3000 ГэВ (главный инженер проекта Г.П. Воронцов). Также были спроектированы исследовательские комплексы на основе ускорителей заряженных частиц:

установка «Факел» с линейным ускорителем электронов на энергию 60 МэВ и средним током 1 мА для института им. И.В. Курчатова (главный инженер проекта Б.В. Косткевич, затем Л.А. Чернов);

комплекс на основе протонного циклотрона У-240 для института ядерных исследований

АН Украинской ССР (главный инженер проекта Б.В. Косткевич, затем Л.А. Чернов);

«Мезонная фабрика» на основе линейного ускорителя протонов на энергию 600 МэВ и средним током 0,5 мА для института ядерных исследований АН СССР в Троицке Московской обл. (главный инженер проекта И.С. Пашков, затем В.Н. Васильев и Н.И. Делов);

линейный ускоритель электронов на энергию 2000 МэВ и средним током 1 мкА для Харьковского физико-технического института (главный инженер проекта Н.Г. Новиков). Наибольший вклад в проектирование научно-исследовательских институтов внесли С.Г. Филаретов, Г.П. Воронцов, А.И. Ерохов, Л.А. Чернов, М.А. Ващенко, Б.В. Косткевич, В.А. Митанов, Е.А. Казанович, Е.Д. Спицын, А.И. Кузнецов, И.С. Пашков, В.Н. Васильев, Н.А. Алешин, И.М. Гринблат, Н.И. Делов, Н.М. Домбровский, Б. Г. Шукин, А. М. Курочкин, Ю. Н. Шаров, В. Л. Рожков, Ю. А. Косарев, Л.В. Камчатова, В.П. Федоров, В.С. Костенко, В.Д. Смумыгин, Д.М. Жаданов, В.М. Тюбалин, Л.Л. Пальмский, Т.А. Баклан, И.А. Заруцкий, В.Г. Подольнев, В.В. Шторм, В.Т. Ямбаева, Н. В. Смирнова, М. Н. Филиппова, А. П. Хромов, В.И. Назаров, Д.И. Смирнов, Б.Ф. Чашин, С.Ф. Новотоцкая, Н.Е. Теремязева и др.

ГСПИ внес значительный вклад в развитие научных исследований в области управляемого термоядерного синтеза, лазерной технологии. Институтом были выполнены проекты установок «Токамак-ТСП» с сильным магнитным полем и «Ангара-5», а также стендов для исследования и испытания узлов и систем газодинамических твердотельных лазерных установок оборонного и народно-хозяйственного назначения. На базе этих работ создали филиал института им. И.В. Курчатова в Троицке, ныне ТРИНИТИ. В 50—60-е годы институт выполнил проекты термоядерных установок «Ураган» для ХФТИ УССР (главный инженер проекта Б.В. Косткевич), участвовал в создании энергетических объектов для космических аппаратов:

«Енисей» (главный инженер проекта Б.В. Косткевич);

«Тополь» (главный инженер проекта В.А. Митанов).

Для расширения и выхода на новый качественный уровень научных исследований в обла-

сти ядерной физики твердого тела по проекту института сооружен в ОИЯИ (Дубна) исследовательский высокопоточный импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-2, со средней мощностью пучка 2 МВт (главный инженер проекта Ю.Н. Ларионов). В 1992 г. разработан проект исследовательского комплекса на базе реактора «Сфинкс» (главный инженер проекта В.Ф. Леонтьев). Наибольший вклад в это направление внесли: В.Н. Васильев, К.В. Щеглов, Ю.Н. Ларионов, И.А. Науменко, В.Л. Рожков, М.Т. Воронцов, В.С. Бондаренко, А.С. Устинкин, Г.Ф. Кирилкин, В.А. Жажа, Л.Т. Житченко, В.Ф. Леонтьев, В.К. Бобин и др.

В 1987 г. по проекту института введен в действие в Узбекистане научно-производственный комплекс с гелиоустановкой «Солнце» мощностью 1000 кВт с температурой до 4000 °С для получения тугоплавких сверхчистых сплавов, применяемых в космической, электронной и других областях техники (главный инженер проекта Г.Н. Капранов).

По проектам ГСПИ были созданы научные центры с исследовательскими реакторами и лабораториями в Тбилиси, Минске, Риге, Алма-Ате и Ташкенте. Наибольший вклад в это направление внесли: В.Е. Александров, К.В. Щеглов, М.Д. Зайцев, И.И. Титаев, В.С. Батов, Т.Н. Абдурахимова, В.Н. Савченко, М.Т. Воронцов, А. Г. Никонов, М. А. Морозова, Н.Г. Юдин, Е.М. Шмакин и др.

В разные годы по просьбе иностранных государств институт оказывал техническую помощь в создании национальных научных центров, которые позволили готовить ученых и проводить широкий спектр научных работ в области ядерных исследований. По проектам института были построены Институт ядерных наук им. Бориса Кибрича в Югославии, научные ядерные центры с исследовательскими реакторами в Болгарии, Алжире, Египте, Ираке, Корее, Вьетнаме, Ливии, а также промышленные объекты в Китае, учебные институты и лаборатории МИФИ в Москве, ЦИПК в Обнинске, ЦИПК в Желтых Водах и др.

Наибольший вклад в оказание помощи иностранным государствам внесли: З.В. Сагутонова, В.М. Печерский, Ю.Н. Ларионов, Е.И. Тюрин, И.И. Титаев, М.Т. Воронцов, И.А. Науменко, В.В. Турок, Ю.Н. Сипитый, Е.П. Тюликов, Н. П. Финешин, Е. М. Шмакин, В.Г. Ким, В.П. Пташко, О.А. Челюк, В.С. Владимиров,

В. С. Соколов, Д. И. Бережнов, Б. Ф. Чашин, Т. Ф. Козицкий, Г. В. Полуни, Л. И. Глазков, В. Ф. Козлов, В. В. Панин, В. Г. Попов, Г. У. Щербенко, В. В. Исаев и др.

При строительстве и пуске в эксплуатацию многих из указанных объектов строители, монтажники и эксплуатационники столкнулись с проблемой обеспечения высокой точности установки оборудования и стабильности во времени и пространстве. Институт нашел выход из этой ситуации. В кратчайшие сроки создали специализированное подразделение в составе бюро комплексных инженерных изысканий по разработке специальных методов и приборов для высокоточного геодезического обеспечения, проектирования, монтажа и эксплуатации уникальных объектов. В 1991 г. на базе этого подразделения создали отдел высокоточных измерений (начальник отдела В. Е. Новак, позже А. Н. Соловьев и Г. Е. Рязанцев). Специалисты этого отдела провели беспрецедентные по точности исследования стабильности оснований проектируемых сооружений, разработали уникальные методики и средства измерения, позволившие обеспечить точность монтажа технологического оборудования, а также провести необходимые исследования влияния экзогенных и техногенных факторов на сооружения, обеспечивая их номинальную эксплуатацию. В отделе создавали специализированные приборы и оборудование, апробированные в геодезической практике для створных угловых, линейных, высотных измерений, вертикального проектирования. Разрабатывали и внедряли основанные на применении лазерной и микропроцессорной техники автоматизированные системы юстировки и наблюдения за стабильностью сооружений от ветровых и тепловых деформаций, такие как радиотелескопы и солнечные энергетические установки. Разработки отдела успешно используются в смежных отраслях промышленности, в том числе в оборонной промышленности. На эти разработки получено более 220 авторских свидетельств. Институт стал ведущим в стране по этой тематике. В работу этого направления наибольший вклад внесли В. Е. Новак, И. Ю. Васютинский, Х. К. Ямбаев, Е. Б. Ключин, Г. Е. Рязанцев, И. С. Дуб, В. В. Шторм, В. А. Горелов, А. А. Жидков, А. М. Назаров и др.

В связи с задачами широкого внедрения новых методов диагностики и лечения больных с помощью меченых изотопов и различных

форм облучения ионизирующими источниками, институту поручили проектирование крупных научно-исследовательских институтов и отдельных лабораторий. В их числе:

Институт медицинской радиологии в Обнинске (главный инженер проекта И. О. Спивак, затем Н. И. Аркадьева);

Центральный научно-исследовательский рентгено-радиологический институт в пос. Песочное Ленинградской обл. (главный инженер проекта Н. А. Алешин);

радиологическое отделение в Онкологическом научном центре в Москве (главный инженер проекта И. О. Спивак, затем Н. И. Аркадьева);

Институт медико-биологических проблем в Москве (главный инженер проекта А. М. Курочкин);

радиологические отделения в больницах; экспериментальные медицинские лаборатории в Институте биофизики в Москве.

Также были выполнены проекты:

для Института иммунологии МЗ РФ в Москве (главный инженер проекта Н. И. Аркадьева);

лечения больных с патологическими нарушениями иммунной системы;

для Всероссийского научного центра молекулярной диагностики и лечения МЗ РФ в Московской обл. (главный инженер проекта Н. И. Аркадьева);

создания новых лекарственных препаратов и выявления биологически активных химических соединений и их испытания и т. п.

В Белоруссии действует спроектированный институтом корпус сельхозрадиологии по исследованию последствий аварии на Чернобыльской АЭС (главный инженер проекта Н. И. Аркадьева, затем О. З. Ерофеев). Большой вклад в работы этого направления внесли: Н. И. Аркадьева, О. З. Ерофеев, О. Н. Лохин, Т. М. Махрова, В. А. Жажа, М. Н. Филиппов, К. А. Кимель, Ю. Н. Шаров, В. А. Муленкова и др.

Значительное расширение производственных мощностей объектов и исследовательских работ в конце 60-х годов создали необходимость срочного решения вопросов переработки и захоронения радиоактивных отходов. В связи с этим были разработаны типовые проекты пунктов переработки и захоронения радиоактивных отходов. По этим проектам построили более 40 базовых пунктов в различных

районах страны, в том числе МосНПО «Радон» в Сергиеве Посаде, на Украине, Средней Азии и т. д. С целью изучения воздействия на окружающую природную среду объектов ядерной энергетики институт освоил новое направление — исследование миграции химических и радиоактивных загрязнений в грунтах и с поверхностными водами. В 80—90 годы были разработаны проекты глубинного захоронения и наземного хранения радиоактивных отходов. Наибольший вклад по этим направлениям внесли Е.Я. Спицын, Б.И. Рябов, Л.Л. Пальмский, П.Д. Прокудин, И.О. Спивак, Б.Н. Матвеев, В.М. Печерский, Б.Ф. Чащин, Б.Д. Шеруков, К.В. Шеглов, В.А. Жажа, Д.И. Смирнов и др.

С развитием ядерной энергетики и специальных видов производств в 70-е годы остро встал вопрос об удовлетворении отрасли приборами, комплексными системами управления (активными зонами ядерных реакторов) и измерений. В 1970 г. Правительство и руководство отрасли приняли решение о строительстве трех новых специализированных приборных заводов в Обнинске «Сигнал», Желтых Водах «Электрон», в Дубне «Тензор». Проектирование заводов поручили ГСПИ (главный инженер проекта Л.Т. Житченко). Для выполнения технологической части проекта привлекли специализированный институт в Орле — «Гипроприбор». В 1974 г. осуществили их строительство и пуск в эксплуатацию. Это стало возможным благодаря большой работе, проведенной специалистами института по унификации и типизации технических решений. В технологические процессы и организацию труда были заложены передовые достижения науки и техники того периода. Впервые в практике проектных решений использовали модульный принцип инженерного обеспечения, который позволял при реконструкции производств избежать изменений строительных конструкций зданий и сооружений.

В 50—60-х годах институт выполнил проекты реконструкции и расширения заводов специальной техники:

Уральского электромеханического завода (главный инженер проекта А.В. Лавров, позднее Н.А. Алешин);

машиностроительного завода «Молния» в Москве (главный инженер проекта З.В. Сагутонова, позднее А.И. Козырев);

Научно-исследовательского института автоматики в Москве (главный инженер проекта А.Д. Лонский, позднее В. Л. Рожков).

Одновременно по проектам института была осуществлена реконструкция и расширение приборных заводов «Балтиец» в Нарве ЭССР и «Импульс» в Пятигорске.

За создание приборного завода в Желтых Водах группа проектировщиков была удостоена высоких званий лауреатов премии Совета Министров СССР: Л.Т. Житченко, Р.С. Алямов, Н.П. Финешин, А.Д. Борисов, Л.В. Лямочкин. Значительный вклад в создание приборных заводов внесли Л.А. Маслова, В.Ф. Леонтьев, Д.М. Жаданов, А.В. Климов, Е.М. Шакин, Л.И. Блескин, А.А. Андреев, А.Н. Пчелкин, П.А. Пастухов, С.П. Федосеев, И.А. Заруцкий, И.С. Жариков, В.Л. Рожков, А.Д. Лонский, З.В. Сагутонова, А.И. Козырев, А.В. Лавров, Н.А. Алешин, Р.М. Зотов.

В 60—70-е годы Правительство страны поставило задачу оказания помощи сельскому хозяйству путем организации производства минеральных удобрений на заводах. В кратчайшие сроки по проектам ГСПИ было организовано производство минеральных удобрений нитрофоса и аммофоса на Приднепровском химкомбинате в Днепропетровске (главный инженер проекта Г.И. Пляшкевич). Производство организовали на базе комплексной переработки урановых руд и апатита с извлечением побочных продуктов. Аналогичное производство создали в Лермонтове Ставропольского края.

В 1971 г. спроектирован завод сложного минерального удобрения нитроаммофосфата на Кирово-Чепецком химическом комбинате и аммиачной селитры (главный инженер проекта А.В. Евчихевич, позднее В.М. Викулов). Для обеспечения технологических процессов производства удобрений были спроектированы производства аммиака и азотной кислоты. Впервые для получения сложного минерального удобрения применили азотно-кислотную схему разложения апатита. В отличие от серно-кислотной, традиционно применяемой на заводах по производству удобрений, азотно-кислотная схема позволила использовать все ценные компоненты и исключить твердые и жидкие отходы сырья. Пуск завода осуществили в 80-х годах. Для сельского хозяйства институт разработал проект производства кормо-

вых добавок (ДАФ) на заводе «Алмаз» в Лермонтове.

Наибольший вклад в проекты созданных производств внесли Е.Д. Спицын, Е.И. Тюрин, М.Г. Клячкин, В.М. Викулов, В.И. Ионов, Н.П. Финешин, Т.Ф. Козицкий, В.Д. Смургин, А.Н. Пчелкин, Е.И. Петрова, В.Д. Жданов, Л.И. Глазков, В.М. Игнаков, И.А. Морель, А.Б. Стависский, В.К. Зорин, В.Г. Ким, А.В. Климов, Р.У. Абасов, Е.М. Шмакин, В.А. Костенко и др.

В 60-е годы значительно увеличилась потребность в радиационно-защитном оборудовании не только в СССР, но и в странах СЭВ, и чтобы удовлетворить эту потребность нужно было срочно провести работы по унификации, а затем — стандартизации. К этому времени был накоплен большой опыт по созданию радиационно-защитного оборудования, как у нас в стране, так и в странах Содружества. В этот период институт успешно сотрудничал в рамках СЭВ, а также участвовал в выполнении международных программ МАГАТЭ.

Приказом министра от 28 января 1970 г. институт стал базовой организацией (БОС-7) по проектированию защитной техники (боксы, шкафы, защитные двери, защитные смотровые окна, контейнеры и др.) и обслуживанию предприятий отрасли. В отрасли действует 25 нормативно-технических документов (ГОСТ, ОСТ, РТМ), разработанных специалистами института. Эти документы способствовали упорядочению работы в области защитной техники.

Наибольший вклад в области стандартизации внесли Г.И. Лукишов, О.А. Челюк, Н.И. Ларин, М.А. Кимаев, В.И. Копылов, Г.У. Щербенок, В.А. Овсянников, В.С. Владимиров, К.В. Щеглов, Л.И. Крутикова, Л.В. Леонтьева, А.И. Белов и др.

Большая работа выпала на долю конструкторов, так как новые технологические процессы в большинстве требовали разработки нового нестандартизированного оборудования, объем которых из года в год возрастал. В связи с этим к разработкам приходилось привлекать специализированные организации, такие как НИИХИММАШ и его филиалы, заводы «Прогресс» в Сумах, «Двигатель» в Таллине, ХИММАШ в Екатеринбурге и др. Впервые создавалось различное химическое оборудование на новых принципах работы (вибрация, пуль-

сация, сорбция, экстракция и т.п.), разработан и внедрен большой типаж камерного оборудования, стенов и установок для различных технологических процессов, специальное оборудование для работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения, применяемыми в народном хозяйстве.

Наиболее интересные из них:

установка облучения резинотехнических изделий;

комплекс установок для облучения горючесмазочных материалов;

комплекс лабораторий для НИФХИ АН СССР им. Карпова с четырьмя кобальтовыми установками и др. Большие работы провели по унификации и типизации оборудования, что позволило значительно ускорить разработку проектов и обеспечить надежную работу оборудования.

Наибольший вклад в разработку оборудования внесли Н.П. Алексахин, И.Е. Боев, Н.И. Фокин, Г.И. Лукишов, А.Л. Тараканов, П.Я. Беляев, Н.И. Ларин, И.И. Бочков, О.А. Челюк, Б.И. Рябов, Н.П. Финешин, Г.М. Карпов, Н.П. Сейма, К.Д. Родионов, В.С. Владимиров, Н.В. Ефимов и др.

Успешному процессу проектных работ в небольшой степени способствовала работа отдела инженерных изысканий, который выполнял все виды работ по инженерно-геологическим изысканиям, инженерно-гидрометеорологическим и инженерно-экологическим. В своей работе отдел широко использовал новые методы и приборы, предложенные и разработанные специалистами этого отдела. На эти приборы было получено 52 авторских свидетельства. Наибольший вклад в работы этого направления внесли В.М. Игнаков, Н.А. Храпков, Н.В. Глазов, Д.И. Бережнов, В.Е. Новак, П.А. Воробьев, К.В. Бологов, М.М. Нестоянов, В.С. Соколов, Ю.П. Прохин, Б.Д. Шекуров, В.Д. Киреев, Л.Н. Гарусев.

В связи с быстрым развитием промышленных и научно-исследовательских организаций отрасли произошло значительное увеличение населенных пунктов, в которых проживают их сотрудники. ГСПИ потребовалось в короткие сроки разработать генеральные планы инфраструктуры на перспективу их развития до 2000 г.

По проектам института построены: города Протвино и Глазов;

микрорайоны в Дубне, Новосибирске и Москве;

санатории: «50 лет Октября» в Ессентуках; «22 партсъезда» в Пятигорске; «Прогресс» в Хосте; «Южное взморье» в Адлере и санаторий Министерства обороны в Пятигорске; гостиницы в Глазове, Чкаловске, Дубне, Усть-Каменогорске; 3-я и 6-я больницы 3-го ГУ при Минздраве РФ; спортивные комплексы в Москве и Истре; дом отдыха «Судак» в Крыму; административно-лечебный комплекс 3-го ГУ при Минздраве РФ.

Работы института отмечены 25 дипломами (Госстроев РФ и УССР, ВДНХ), а также тремя премиями Совета Министров СССР. При разработке проектов наибольший вклад внесли Н. В. Алексеев, П. С. Комах, Л. В. Лилье, П. М. Кузнецов, Д. М. Корин, А. А. Михеев, Ю. Т. Рассадкин, В. А. Аргамкин, В. И. Орлов, Л. А. Иванов, Б. И. Кашавцев, В. И. Шербак, С. А. Кравченко, М. А. Райская, Р. Г. Тараскина, И. Р. Миронов, Л. А. Батракова.

Многие объекты института уникальны, не имеют аналогов не только в странах СНГ, но и за рубежом. Высокий современный научно-технический уровень объектов — результат широкого использования отечественного и иностранного опыта, патентов и авторских свидетельств. На технические решения институтом получено более 800 авторских свидетельств. Накопленный опыт проектирования широко освещался и пропагандировался в отраслевом сборнике «Проектирование и строительство», выпуск которого был поручен ГСПИ. Высокая квалификация специалистов, в том числе наличие научных кадров в институте (в разные годы работали 24 канд. техн. наук и три доктора техн. наук) и наличие современной материальной базы позволили ГСПИ стать одним из крупнейших многопрофильных комплексных проектных институтов в стране. Наиболее уникальные проекты удостоены высоких государственных премий и наград: 25 работ удостоены Ленинской, Государственной премий и премии Совета Министров СССР,

30 работ — дипломами и медалями Госстроя СССР, ВДНХ и Союза архитекторов. Проектировщики, внесшие наибольший вклад в эти работы, удостоены высоких званий и наград.

Присвоено:

лауреат Ленинской премии 1 чел.;

лауреат Государственной премии 17 чел.;

лауреат премии Совета Министров 46 чел.;

почетные звания 27 чел.

Награждены:

орденами СССР и Российской Федерации 168 чел.;

медалями СССР и Российской Федерации 847 чел.;

медалями ВДНХ 129 чел.

Важнейшая роль в достигнутых успехах института принадлежит дирекции, которая умело направляла многогранную работу коллектива на выполнение важнейших народно-хозяйственных и оборонных задач страны, обеспечивая при этом высокий технический уровень разрабатываемых проектов.

В разные годы институтом руководили Ф. З. Ширяев (директор 1948—1953 гг., 1960—1986 гг., главный инженер 1953—1960 гг.), В. А. Флоров (директор 1953—1960 гг.), В. Л. Рожков (директор с 1986 г.), В. Л. Арефьев (заместитель главного инженера 1953—1967 гг., главный инженер 1950—1953 гг.), Е. Л. Макеев (главный инженер 1962—1992 гг.), Е. И. Тюрин (заместитель главного инженера 1975—1992 гг., главный инженер с 1992 г.), заместители главного инженера: Б. В. Лаговский (1955—1977 гг.), В. В. Фролов (1960—1986 гг.), М. Г. Клячкин (1960—1975 гг.), С. Т. Шершнев (1966—1992 гг.), Н. П. Финешин (с 1974 г.), В. И. Быков (1979—1993 гг.), В. Н. Васильев (заместитель главного инженера 1986—1992 гг., заместитель директора 1992—1995 гг.), А. В. Курнаев (с 1992 г.).

Координирующие и контрольные функции производственной деятельности института выполняло 9 ГУ Министерства. Неоценимую помощь в становлении и развитии института оказывали его руководители А. В. Коротков и А. И. Барановский.

Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры (НИИЭФА) им. Д. В. Ефремова

В. А. Глухих, Б. Н. Жуков

В 1945 г. в Ленинграде было создано Особое конструкторское бюро (ОКБ) на заводе «Электросила», на которое возложили разработку, проектирование и сооружение установок для электромагнитного разделения материалов, необходимых для создания ядерного оружия и разработки ускорителей заряженных частиц, являющихся одним из основных инструментов для исследований в области ядерной физики и физики высоких энергий. В 1960 г. ОКБ преобразовали в Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры, которому в 1961 г. присвоили имя Д.В. Ефремова — основателя и первого директора института.

Одним из главных тематических направлений в НИИЭФА является работа в области ускорителей заряженных частиц. Институт участвовал в создании практически всех крупных циклических ускорителей, изготовленных в нашей стране, и проводил разработки либо самостоятельно, либо совместно с другими научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями.

Первым циклотроном, разработанным в НИИЭФА в 1951 г., был циклотрон Р-7 с диаметром полюсов 120 см. Затем разрабатывались циклотроны с диаметром полюсов 150, 240 и 310 см, успешно эксплуатирующиеся до настоящего времени. Всего было изготовлено 10 циклотронов Р-7 и У-120 и 5 циклотронов У-150, которые были поставлены в НИИ, находящиеся как в России и в республиках бывшего СССР, так и за рубежом (Польше, Чехословакии, ГДР, Китае, Румынии). Циклотрон У-300, рассчитанный на ускорение многозарядных ионов и предназначенный для работ по синтезу трансурановых элементов, разрабатывался совместно с сотрудниками Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ в Дубне, где работает с 1962 г. по настоящее время.

В 1960 г. в НИИЭФА проводились теоретические и экспериментальные работы по созданию изохронных циклотронов, использовав-

ших магнитные поля с пространственной вариацией. Эти работы завершились разработкой и созданием крупного изохронного циклотрона У-240, предназначенного для ускорения ионов от 5 до 140 МэВ. Пуск циклотрона состоялся в 1976 г. в ИЯИ АН УССР (Киев).

Переходным этапом на пути к созданию чисто коммерческих циклотронов было создание в начале 70-х годов малогабаритного изохронного циклотрона МГЦ-20. Циклотроны этой модели поставлялись в Финляндию, Венгрию, Северную Корею, четыре таких циклотрона работают в России. Циклотроны МГЦ-20 используются в основном для исследований в области ядерной физики, активационного анализа и производства радионуклидов.

В НИИЭФА были разработаны:

два синхроциклотрона для ОИЯИ энергий 680 МэВ (введен в эксплуатацию в 1949 г.) и для ФТИ АН СССР энергией 1 ГэВ (введен в эксплуатацию в 1968 г.). Последний и ныне является самым крупным в мире ускорителем этого класса;

три протонных синхротрона — синхрофазотрон на 10 ГэВ ОИЯИ, синхротрон с сильной фокусировкой на 7 ГэВ ИТЭФ и синхротрон с сильной фокусировкой на 76 ГэВ ИФВЭ.

Введенный в действие в 1957 г. синхрофазотрон ОИЯИ с рекордной в мире энергией 10 ГэВ потребовал при своем сооружении решения новых инженерных проблем и создания систем с беспрецедентными параметрами. К ним относятся, прежде всего, гигантский электромагнит весом 36 т с прецизионными магнитными характеристиками и система электропитания с пиковой мощностью 150 МВ · А, вакуумная камера объемом более 100 м³ и требуемым остаточным давлением $7 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., что являлось труднейшей задачей для техники того времени.

Самой яркой вехой в истории отечественного ускорителестроения является сооружение протонного синхротрона с сильной фокуси-

ровкой, пуск которого в ИФВЭ (Протвино) осуществили в 1967 г. Достигнутая энергия — 76 ГэВ, несколько лет оставалась рекордной в мире. Основные системы этих синхротронов: магнитная система, система питания и управления, вакуумная система, система ввода-вывода, система транспортирования пучка и другие разрабатывались в НИИЭФА, мощная радиочастотная система для ускорения протонов — в РТИ АН СССР. Наряду с работами по созданию крупных ускорителей в НИИЭФА большое внимание уделялось оснащению ускорителей экспериментальным оборудованием и дальнейшему их усовершенствованию.

Практически одновременно с протонным синхротроном на 76 ГэВ в институте разработали основное оборудование электронного синхротрона на энергию 6 ГэВ, успешный пуск которого осуществили в 1967 г. в Ереванском Физическом институте. Создание электронного синхротрона такой энергии потребовало решения сложных задач, в первую очередь связанных с большой частотой циклов и значительной мощностью излучения электронов при больших энергиях.

В середине 80-х годов НИИЭФА был назначен Главным конструктором ускорительно-накопительного комплекса (УНК), первая ступень которого представляла собой синхротрон с обычными магнитами на максимальную энергию 600 ГэВ, вторая — синхротрон со сверхпроводящими магнитами на максимальную энергию 3000 ГэВ. О масштабах этого проекта дают представление такие параметры, как длина ускорителя — почти 21 км и число 6-метровых дипольных магнитов — 2176 и 4,5-метровых квадрупольных магнитов — 454. В институте развернули проектные и исследовательские работы по созданию УНК. Было организовано беспрецедентное по масштабу производство серийного прецизионного электромагнитного оборудования первой ступени УНК, которое позволяло завершить его изготовление за 3—4 года. Однако отсутствие финансирования привели к резкому снижению темпа этих работ.

В 1954 г. в институте начали работы по проектированию линейных резонансных ускорителей электронов (ЛУЭ). В 1965 г. ввели в эксплуатацию в Харьковском физико-техническом институте крупнейшие в то время линейные ускорители на 0,4 и 2 ГэВ, на которых были проведены актуальные фундаментальные и

прикладные исследования в области физики ядра и элементарных частиц, физики твердого тела и реакторного материаловедения, взаимодействия элементарных частиц и фотонов с веществом. Параллельно с созданием этих уникальных машин в НИИЭФА велись разработки и осуществлялось изготовление ЛУЭ для научных и прикладных исследований на энергию от 25 до 60 МэВ, в том числе инжектора для синхротронов и импульсного реактора на быстрых нейтронах. Разрабатывались также линейные индукционные ускорители электронов (ЛИУ), работающие в частотном режиме, с током на сотни и тысячи ампер.

Создание в начале 70-х годов мощных и надежных ЛУЭ на энергию от 5 до 15 МэВ позволило начать их широкое использование в промышленности и медицине. Наибольший эффект от внедрения прогрессивных, энергосберегающих, экологически чистых радиационно-технологических процессов с использованием пучков ускоренных электронов и тормозного излучения, создаваемых ЛУЭ, был достигнут в области дефектоскопии, активационного анализа, стерилизации медицинских изделий, радиационной обработки изделий сложной формы из резины, пластмасс и кафельной продукции.

Разрабатываемые и изготавливаемые в НИИЭФА линейные ускорители электронов могут использоваться в радиационно-технологических установках для обработки пищевых продуктов с целью их стерилизации и увеличения сроков хранения, для стерилизации сточных вод и органических удобрений, очистки дымовых выбросов предприятий от окислов азота и серы. Один из первых промышленных ЛУЭ НИИЭФА работает в радиационном центре в Варшаве. На нем ведется радиационная стерилизация медицинских изделий для Польши и других стран Европы. Успешно эксплуатируются два линейных ускорителя на конвейерных линиях комбината «Синтез» в Кургане. На них производится радиационная стерилизация медицинских изделий одноразового пользования.

Оснащение ЛУЭ мишенными устройствами для генерирования мощных пучков тормозного излучения позволило впервые в мире внедрить на ряде рудников высокоэффективный метод экспрессного фотоактивационного анализа рудных проб на золото и сопутствующие

элементы. По производительности и чувствительности этот метод превосходит все ранее использовавшиеся для этой цели методы. Эти ускорители надежно работают в различных климатических зонах страны: от Средней Азии до Якутии и Магадана.

Развитие в СССР атомного машиностроения, а затем и специального судостроения, к изделиям которого предъявляются строгие требования качества сварных швов, потребовало разработки методов неразрушающего контроля на основе линейных ускорителей электронов. Пионером в использовании ускорителей для неразрушающего контроля явился Ижорский завод, для которого НИИЭФА разработал восемь линейных ускорителей электронов. Дальнейшее совершенствование этих ускорителей в НИИЭФА, оснащение их контрольной системой управления позволило осуществить разработку методов интроскопии, промышленного томографа, который определяет расположение дефекта в трех проекциях.

В настоящее время в практической медицине большое место занимают лучевая терапия и ядерная диагностика. Проектирование и изготовление ЛУЗ для лучевой терапии началось в НИИЭФА в 60-х годах и продолжается в настоящее время. Десятки таких ускорителей, установленных во многих онкологических клиниках России и бывших советских республиках, успешно работают и используются для лечения.

Постоянное развитие и совершенствование этих ускорителей позволило создать компьютеризированные ускорители, обеспечивающие получение качественных радиационных полей облучения с регулируемой энергией, дозой и мощностью. Эти ускорители удовлетворяют всем современным требованиям радиационной терапии и мировому стандарту.

В 1952 г. в НИИЭФА начали проектирование электростатических ускорителей для исследований в области физики низких энергий. Уже через год был разработан первый ускоритель ЭГ-1 на энергию протонов 4—5 МэВ, а несколько позже — серия ускорителей на энергию 2—5 МэВ. В 1958—1959 гг. начали разработку ускорителей с перезарядкой ионов, а также нейтронных генераторов для активационного анализа, ускорителей электронов для радиационно-технологических процессов и мощных импульсных ускорителей-инжекто-

ров протонных синхротронов и разработку серии электростатических и перезарядных ускорителей с энергией протонов до 10 МэВ. Наиболее известной установкой этой серии являлся электростатический ускоритель ЭГ-2,5 с энергией протонов (или электронов) до 2,5 МэВ и его различные модификации. Ускорителями такого типа оснащались многие лаборатории, институты и университеты Советского Союза, а также научно-исследовательские центры в Египте. Более крупные ускорители ЭГ-8 и ЭГ-5 на энергию 4—5 МэВ были установлены в Объединенном институте ядерных исследований, в Институте атомной энергии и Физико-энергетическом институте.

Первый перезарядный ускоритель ЭГП-10 на энергию протонов 10 МэВ изготовили для ВНИИ экспериментальной физики и ввели в эксплуатацию в 1963 г. Несколько позже ускоритель такого типа установили в ФЭИ. Среди электростатических ускорителей следует особо отметить перезарядные ускорители ЭГП-10-1 и ЭГП-2, поставленные в ГДР и Финляндию. По своим основным параметрам (току и размерам пучка на мишени) они находились на уровне аналогичных зарубежных установок, имея при этом вдвое меньшую нестабильность энергии.

Перезарядный ускоритель, установленный в ИЯИ АН Казахстана, имел рекордно малую нестабильность энергии (около 300 эВ) и позволял одновременно ускорять пучки легких и тяжелых ионов.

Ускорители «Электрон» и «Аврора» с энергией электронов 0,3—2,5 МэВ широко используются в настоящее время для радиационных технологий, таких как:

- модификация полимеров;
- отверждение антикоррозионных и декоративных покрытий на поверхности дерева, металла, стеклопластика, древесно-стружечных, керамических плит и других материалов;
- обработка ткани с целью придания ей специальных свойств;
- производство упаковки, полиграфических материалов (отверждение красочного слоя офсетной печати), магнитных носителей липкой ленты;
- активационный анализ в заводских или полевых условиях;
- стерилизация медицинского инструмента, одежды, пищевых продуктов.

Высокая мощность электронного пучка и гибкость конструктивной схемы делают возможным применение этих ускорителей в большинстве технологических процессов, уже освоенных промышленностью, а также при проведении поисковых и исследовательских работ. При радиационной модификации изделий из полиэтилена, отверждении покрытий, отделке тканей улучшается качество продукции, уменьшается потребление энергии, сокращаются производственные площади и улучшаются условия труда.

Например, на Загорском и Ижевском заводах пластмасс на радиационно-технологических установках с ускорителями «Аврора» изготавливается термоусаживаемая и упрочненная пленка и вспененный полиэтилен. Это высококорентабельные производства, выпускающие до 3 тыс. т продукции в год.

На крупнейших судостроительных заводах России используются для снижения шумов и акустической защиты подводных лодок резиностеклопластиковые покрытия, изготавливаемые на радиационно-технологических установках с ускорителями «Электрон-3». Большинство основных узлов высоковольтных ускорителей имеют оригинальную конструкцию, защищенную патентами России и других стран.

Ускорители с энергией до 1 МэВ изготавливаются с местной радиационной защитой и могут устанавливаться в обычных помещениях. Произведено более 15 ускорителей «Электрон» и «Аврора», пять ускорителей поставлены на экспорт. Многолетний опыт эксплуатации показал, что по своей надежности, экономичности и простоте обслуживания они соответствуют требованиям, предъявляемым к промышленному оборудованию.

Разработанные в последние годы в НИИЭФА широкоапертурные ускорители электронов (ШУЭ) — новый класс электронных ускорителей, обязанный своим появлением развитию техники мощных газовых лазеров с несамостоятельным разрядом. В лазерах ШУЭ выполняет функцию устройства ионизации, обеспечивая синхронное облучение быстрыми электронами объема активной среды в разрядной камере лазера. Особенность такого ускорителя — площадь сечения выведенного электронного пучка равна площади сечения рабочего объема разрядной камеры и составляет тысячи квадратных

сантиметров. Например, ускоритель модели ТУР-М имеет выводное окно длиной 1,8 м и шириной 0,3 м.

В ШУЭ отсутствуют устройства сканирования пучка — это главное достоинство. Ускорители этого класса однозакорные высоковольтные, поэтому энергия ускоренных электронов находится в диапазоне 150—300 кэВ. Но этим вполне обеспечиваются требования тонкопленочных и объемных электронно-химических и плазмохимических технологий. Разработаны две модели широкоапертурных ускорителей — ТУР и СМОЛ. Это первые в России технологические ускорители на основе высоковольтного тлеющего разряда. Ускоритель ТУР-М работает в технологической линии для нанесения и структурирования тонких полимер-мономерных пленок на рулонных материалах, производства скотча и других целей. Разработанная на этой линии с участием НИИЭФА электронно-химическая технология обработки материала позволяет полностью исключить из процесса токсичные и горючие растворители и пластификаторы, устранить взрыво- и пожароопасность производства, уменьшить энергозатраты, снизить вредные выбросы в окружающую среду.

Одной из наиболее экологически чистых технологий модификации поверхностей материалов в целях повышения износостойкости, коррозионностойкости и т. п. является импульсная тепловая обработка поверхностей высокоэнергетическими пучками электронов. В НИИЭФА созданы соответствующие электронно-лучевые установки на базе многоострийных взрывоэмиссионных катодов. Это ускорители на энергию до 240 кэВ с током пучка электронов от 60 до 1000 А в импульсе длительностью от 1 до 150 мкс. Максимальная плотность мощности в импульсе от этих ускорителей от 3 до 10 МВт/см².

В НИИЭФА разработаны нейтронные генераторы с интенсивностью потока $5 \cdot 10^{10}$ – 10^{13} нейтр/с, предназначенные для установок нейтронно-активационного анализа в исследовательских и заводских лабораториях, а также для проведения исследований в области нейтронной физики, радиационного материаловедения и для радиационной терапии. Нейтронный генератор «Снег-13» является крупнейшей в Европе установкой такого класса. Генераторы нейтронов нашли широкое применение

ние в России и СНГ. Четыре таких генератора были поставлены на экспорт.

Значительное место в деятельности НИИЭФА занимают работы по созданию экспериментальных установок для исследований в области управляемого термоядерного синтеза. Начиная с 1957 г. в институте разработано около 20 проектов исследовательских установок различного типа. Среди них — открытые ловушки с магнитными пробками, исследования на которых послужили мощным импульсом к развитию подобных установок во всем мире. Позднее были разработаны комплексы установок Т-3, Т-4, Т-10 и Т-15 (со сверхпроводящей ниобий-оловянной обмоткой тороидального магнитного поля), «Ураган-2», «Токамак Т-14» с сильным тороидальным магнитным полем и с адиабатическим сжатием плазмы.

Для демонстрации технической осуществимости термоядерного реактора с середины 70-х годов в НИИЭФА велись разработки проектов установки Т-20, а затем опытного термоядерного реактора.

С 1978 по 1985 гг. институт активно участвовал в разработке проекта международного термоядерного реактора ИНТОР. Задачи этого проекта практически совпадали с задачами национального Проекта Т-20.

Начиная с 1988 г. НИИЭФА участвует в международном проекте экспериментального термоядерного реактора ИТЭР. НИИЭФА возглавляет и координирует работу группы российских организаций, выполняющих исследовательские и опытно-конструкторские работы по проекту ИТЭР. В институте проводятся научно-исследовательские работы по созданию сверхпроводящего кабеля для магнитной системы и обмоток тороидального и полоидального полей, вакуумной камеры и дивертора, системы электропитания и управления параметрами плазмы реактора ИНТОР.

Для исследований в области управляемого инерциального термоядерного синтеза в НИИЭФА была разработана мощная термоядерная установка «Ангара-5», состоящая из восьми модулей — сильноточных импульсных ускорителей электронов с энергией электронов 2 МэВ и энергией 100 кДж в импульсе длительностью 90 нс. Эта установка используется в Троицком институте инновационных и термоядерных исследований.

Создание крупных и сложных экспериментальных термоядерных комплексов, таких, как Т-15, ТСП, «Ангара-5», и других, как правило, требовало разработки новых материалов, приборов, технологических процессов.

Для систем питания ускорителя НИИЭФА разработал индуктивные накопители энергии с запасаемой энергией до 900 МДж и импульсной мощностью до $5 \cdot 10^{10}$ Вт. Была разработана также коммутирующая аппаратура однократного и многократного действия с необходимыми параметрами.

Индуктивные накопители, коммутаторы и их элементная база используются в различных отраслях, в том числе в энергетике (линии передач), в геологии, системах зондирования почвы для предсказания землетрясений и т. д.

При создании крупных термоядерных реакторов типа «Токамак», как и при сооружении циклических ускорителей на сверхбольшие энергии, невозможно обойтись без применения сверхпроводниковых магнитных систем. Разработанный в НИИЭФА «Токамак Т-15», введенный в действие в 1989 г. в ИАЭ им. И.В. Курчатова, является первым в мире токамаком со сверхпроводниковой магнитной системой. Для создания такой магнитной системы был разработан Nb_3Sn -провод диаметром 15 мм, освоено его промышленное производство и выпущено около 17 т провода, из которого изготовлено 10 км сверхпроводящего кабеля для намотки катушек тороидального магнитного поля. И по сей день это самая крупная в мире партия Nb_3Sn — сверхпроводника.

Для исследований и разработки сверхпроводящих магнитных систем, используемых в электрофизической аппаратуре, в НИИЭФА создали мощную криогенную базу и начиная с 1965 г. развернули широкую программу по созданию сверхпроводящих индуктивных накопителей энергии, магнитных систем токамаков и других электрофизических установок.

В 1969 г. изготовили крупный сверхпроводящий соленоид со средним диаметром витка 1,2 м. В 1970—1974 гг. разработали и изготовили сверхпроводящую квадрупольную магнитную линзу, комбинированный сверхпроводящий соленоид КС-250 с рекордной индукцией 25 Тл и сверхпроводящие трансформаторы постоянного тока. В 1978—1984 гг. создали опытные сверхпроводящие магниты для ускорителей.

тельно-накопительного комплекса ИФВЭ на энергию 3000 ГэВ и ускорительного комплекса «Нуклотрон» для ОИЯИ. Опыт, полученный при разработке сверхпроводящей магнитной системы Т-15, позволил приступить в 1988 г. к работам по созданию сверхпроводящих обмоток для международного термоядерного реактора ИТЭР.

В институте проведены исследования по созданию сверхпроводящих высокочастотных структур и разработана технология их изготовления из чистого ниобия. Эта работа стимулировала развитие технологии получения сверхчистого ниобия и его последующей обработки без ухудшения качеств материала.

В 70-х годах в НИИЭФА началось создание лазеров различного типа и назначения. В 1976 г. ТРИНИТИ был введен в действие импульсно-периодический CO_2 -лазер атмосферного давления с открытым контуром прокачки рабочей среды и мощностью в пучке 100 кВт. Создан импульсно-периодический CO_2 -лазер «Гибрид» на основе несамостоятельного разряда, контролируемый электронным пучком, с замкнутым контуром прокачки рабочей среды мощностью 10 кВт. Кроме газовых CO_2 - и CO -лазеров в институте разрабатываются также твердотельные, эксимерные и химические лазеры. Лазеры используются для сварки сталей, цветных металлов и сплавов, размерной и разделительной резки металлических и неметаллических материалов, термоупрочнения и наплавки высоколегированных сталей на низкосортную основу. Мощные лазеры используются в атомном машиностроении, в судостроительной и автомобильной промышленности, в производстве строительных материалов, а также в областях промышленности с большими объемами заготовительных работ. Лазерный технологический комплекс «Спектр», основой которого является импульсно-периодический CO_2 -лазер, предназначен для лазерного разделения изотопов углерода.

В институте создан Лазерный центр, основой которого являются технологические лазерные комплексы «Славянка» и «Ижора» с мощностью излучения до 15 кВт.

На импульсно-периодическом CO_2 -лазере «Максим-1» отработана технология лазерной обработки электротехнической стали, позволяющая уменьшить электромагнитные потери до 20%, а в мягких сталях типа пермаллой — до

40%. В НИИЭФА разработаны также проекты мобильных лазеров мощностью до 50 кВт, установленных на шасси автомобилей или на железнодорожных платформах, которые могут быть использованы для резки и сварки рельсов, разделки железнодорожных вагонов, конструкций кораблей, опор линий передач и другого оборудования, требующего утилизации.

На основе эксимерных лазеров ультрафиолетового диапазона с энергией в пучке от 10 мВт до 1 кВт. На их основе реализуются технологии в микроэлектронике, осуществляется мониторинг окружающей среды, медицины, при обработке алмазов, керамики.

В НИИЭФА созданы также химические лазеры HF/DF замкнутого инфракрасного диапазона со средней мощностью от 5 до 20 Вт, которые применяются в лазерной хирургии, мониторинге токсичных, агрессивных, взрывоопасных веществ.

В институте разработаны и изготавливаются различные типы электромагнитных насосов для перекачивания жидких металлов (натрия, калия, лития и др.) производительностью от 1 л/с до 4000 м³/ч при давлении от 0,15 до 2 МПа, а также различного вида МГД-дрессели для регулирования расхода жидких металлов и других электропроводящих сред. При этом температура жидкого металла может достигать 550 °С. Эти насосы и дрессели используются в ядерной энергетике, металлургической и химической промышленности, в системах преобразования энергии космических летательных аппаратов.

Опыт, накопленный коллективом НИИЭФА при разработке ускоряющих и вакуумных систем, магнитных систем и систем питания традиционной электрофизической аппаратуры — ускорителей, лазеров, термоядерных установок, мощный научно-технический потенциал (лаборатории, стенды, средства вычислительной техники, программное обеспечение), а также широкопрофильная производственная база института позволили в сложных современных условиях разрабатывать и изготавливать аппаратуру нового типа для различных областей применения: медицины, городского хозяйства, транспорта и др.

Разработано и функционирует оборудование для ионно-плазменных и вакуумно-дуговых технологий нанесения функциональных и декоративных покрытий.

В институте создан и изготавливается опытно-промышленный генератор озона производительностью 3 кг озона в час, предназначенный для использования в технологических процессах подготовки питьевой воды. Разработаны также портативные генераторы озона производительностью 0,1 и 3 г озона в час. Подготовлены к производству медицинские приборы, например, волюметр для измерения кинематических параметров при искусственной вентиляции легких и мониторинг параметров вентиляции легких, которые будут использоваться в отделениях анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии больниц и госпиталей, в научных пульмонологических центрах.

Новой разработкой является электрокардио-

стимулятор чреспищеводный, успешно применяемый в ведущих клиниках России.

В настоящее время начато изготовление тяговых подстанций контейнерного типа для Октябрьской железной дороги. Изготовлена и введена в эксплуатацию на одном из участков этой дороги автоматизированная система телемеханического управления, диагностический датчик для вагона лабораторной контактной сети электрифицированных дорог.

В портфеле института имеются еще десятки других технических предложений по использованию ускорителей, лазеров и другого электрофизического оборудования в технологических комплексах, которые могут найти свое применение в промышленности, муниципальном хозяйстве и медицине.

От заводского КБ до ведущего научно-производственного центра атомного машиностроения

Ф.М. Митенков, В.Я. Дунцев, Е.В. Кусмарцев

НАЧАЛО ЯДЕРНОЙ ПРОГРАММЫ В СССР

Окончание Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. принесло советскому народу долгожданную победу. Но варварская демонстрация в Хиросиме и Нагасаки первых образцов ядерного оружия, невиданного по разрушительной силе и чудовищного по своим поражающим факторам, означала появление новой угрозы для безопасности СССР. Страна, еще покрытая дымящимися руинами, экономически ослабленная самой кровавой за всю ее историю освободительной войной, была вынуждена искать адекватный ответ на новый вызов. Необходимо было приступить к созданию собственного ядерного оружия. Причем делать это немедленно, бросив на эту проблему все силы и средства, учитывая отставание от США, уже владевших этим оружием и стремительно наращивающих его производство.

Вряд ли руководство СССР, принимая в 1945 г. решение о развертывании программы создания советской ядерной бомбы, имело полное представление о той колоссальной цене, которую придется заплатить за обретение ядерного оружия. Детали этой программы, неисчислимы трудности на невероятно сложном пути к овладению ядерной энергией еще предстояло познать и преодолеть. Но уже тогда, судя по всему, было ясно, что по напряженности и ответственности работа по ядерной проблеме будет сравнима с нечеловеческими усилиями военного времени.

По результатам реализации Уранового проекта в США сложилось глубокое убеждение, что вовсе не научные проблемы, сколь бы серьезными они ни были, являются главным препятствием на пути к овладению ядерной

энергией. Пойдя в 1945 г. на беспрецедентный шаг публикации сокровенных секретов создания атомной бомбы в книге Г. Смита «Атомная энергия для военных целей», руководство США продемонстрировало свою уверенность в том, что из-за огромных технических трудностей, неготовности советской промышленности организовать сложнейшие и дорогостоящие производства, построить заводы для получения ядерной взрывчатки — плутония и высокообогащенного урана — создать свою атомную бомбу СССР сможет не ранее, чем через десять лет. Основные трудности, которые предстояло преодолеть, были связаны с промышленностью и новыми технологиями производства: «Огромная стоимость проекта, включающего возведение целых городов и невиданных доселе заводов, растянувшихся на многие мили, небывалая по объему экспериментальная работа — все это как в фокусе скоцентрировано в атомной бомбе. Никакая другая страна в мире не была бы способна на подобную затрату мозговой энергии и технических усилий» — писал в своей книге Г. Смит.

Однако это заключение о возможностях советской промышленности, так же как прогноз относительно сроков создания в СССР атомной бомбы, были очень быстро опровергнуты. Уже в конце 1948 г. на первом промышленном реакторе под Челябинском была получена партия облученного урана для выделения плутония, а 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне успешно испытана первая советская атомная бомба. В 1951 г. создана первая бомба на обогащенном уране, а в 1953 г. Советский Союз, опередив США, испытывает первую термоядерную бомбу. С атомной монополией США было по-

* Книга Г. Смита представляла собой официальный отчет о разработке атомной бомбы по заданию правительства США. Была немедленно переведена в СССР и использовалась при подготовке советской программы работ по созданию атомного оружия и проектированию первых предприятий атомной промышленности. Подробнее об этом — в книге А.К.Круглова «Как создавалась атомная промышленность в СССР».

кончено. Мир вступил в период «ядерного сдерживания», благодаря которому человечество смогло избежать третьей мировой войны и на исходе XX века прийти к пониманию того, что необходим полный отказ от применения ядерного оружия как средства решения международных проблем и конфликтов.

Феномен создания в СССР ядерного оружия в тяжелейших условиях послевоенного времени — результат предельной мобилизации материальных и людских ресурсов страны, самого широкого привлечения науки и многих отраслей промышленности к работам над советским атомным проектом. Это было достигнуто, прежде всего, признанием этого проекта государственной программой номер один и возложением ответственности за ее выполнение на высшие эшелоны административно-технического руководства страны. Теперь известно, что четыре заместителя председателя Совнаркома СССР (Л.П. Берия, М.Г. Первухин, В.А. Малышев и Н.А. Вознесенский) с 1945 г. несли персональную ответственность перед главой государства за своевременное выделение необходимых ресурсов отраслям промышленности и научным институтам, привлеченным к решению атомной проблемы. За организацию всех работ в этой области отвечали специально созданные в августе 1945 г. органы государственного управления, наделенные особыми, практически неограниченными полномочиями: Специальный комитет (председатель Л.П. Берия) и Первое главное управление (ПГУ) при Совнаркоме СССР (начальник Б.Л. Ванников) — предшественник Министерства среднего машиностроения. Этим органам было предоставлено право привлекать к работам любые отрасли промышленности, НИИ, КБ и заводы, осуществлять координацию и контроль за всеми проводившимися в стране научно-техническими разработками по атомной проблеме. Концентрация всех ресурсов страны и четкая организация работ стали быстро давать свои плоды.

Успех этой грандиозной программы объяснялся также тем, что Урановая проблема собрала практически весь цвет советской науки и техники, привлекла лучшие научные и инженерные кадры. Из их числа быстро выдвинулись лидеры — люди, сочетавшие теоретическую и инженерную одаренность с умением

быстро находить решение самых неожиданных и разнообразных практических задач, обладавшие выдающимися организаторскими способностями, наделенными высокими человеческими качествами. Они могли увлечь за собой людей, «зажечь» их сложной проблемой или перспективной идеей, вдохнуть веру в свои силы и добиваться нужных результатов даже там, где решение, казалось, выходило за рамки возможностей природы, техники или человека. В этой когорте замечательных людей одно из первых мест по праву принадлежит Игорю Васильевичу Курчатову (1903—1960), сыгравшему выдающуюся роль научного руководителя всей урановой проблемы в СССР, а также его сподвижникам, осуществлявшим научное руководство отдельными направлениями работ по этой проблеме: Анатолию Петровичу Александрову (1903—1994), Исааку Константиновичу Кикоину (1908—1984), Андрею Анатольевичу Бочвару (1902—1984), Юлию Борисовичу Харитону (1904—1996), Абраму Исааковичу Алиханову (1904—1970).

ГОРЬКОВСКИЙ ЗАВОД И ЕГО КБ

Среди промышленных предприятий, привлеченных уже на первом этапе к решению отдельных задач Урановой проблемы были крупнейшие заводы и КБ, имевшие опыт создания новой техники, в основном оборонного назначения. Их исходной специализации не придавалось большого значения, поскольку предстояло создавать нечто принципиально новое, не имевшее аналогов и освоенной технологии. Так, при образовании ПГУ в его подчинение были переданы из Наркомата боеприпасов Завод № 12 (г. Электросталь) и Машиностроительный завод № 48 (Москва). В декабре 1945 г. при Ленинградском Кировском заводе (специализировался на создании танков и артиллерийских систем) и заводе «Электросила» были созданы два специальных опытно-конструкторских бюро по разработке оборудования для производства обогащенного урана методами газовой диффузии и электромагнитного разделения изотопов. В начале 1945 г. к решению урановой проблемы привлекается один из крупнейших отраслевых НИИ — Московский институт химического машиностроения (НИИХиммаш), а его директор Н.А. Дол-

лежал назначаться главным конструктором первого промышленного ядерного реактора (реактор «А») для получения плутония. К работам по созданию реактора «А» и первого диффузионного производства были привлечены и другие заводы, НИИ и КБ. Среди них — Горьковский завод № 92 им. И.В. Сталина — крупнейший в стране завод по производству полевой и танковой артиллерии.

Этот завод, входивший в структуру Народного комиссариата вооружения, прославился в годы Великой Отечественной войны тем, что, отвечая на запросы фронта, непрерывно наращивал выпуск пушек, доведя его к концу войны до 2175 штук в сутки против 3—4 в самом начале войны. Всего же за годы войны этим заводом было выпущено более ста тысяч различных орудий (в основном знаменитых дивизионных пушек ЗИС-2 и ЗИС-3) — больше, чем смогли произвести за то же время все заводы Германии. Этот поразительный результат был достигнут за счет непрерывного совершенствования конструкции выпускаемых орудий, технологии и организации производства, перехода на массовое поточное изготовление пушек при последовательном снижении металлоемкости узлов и трудоемкости технологических операций. В этом была большая заслуга руководства завода (директор А.С. Елян), а также коллектива конструкторов и технологов*. Их слаженное взаимодействие лежало в основе ускоренного метода проектирования и освоения производства, когда новые технические решения уже через несколько дней воплощались в чертежах, а затем — в опытных образцах, которые немедленно поступали на испытания. Завод был первым в освоении прогрессивных технологий производства машиностроительных конструкций, таких как тонкостенное литье, штамповка, сварка и т. д.

К концу войны Завод № 92 оказался перед непростой проблемой перехода на мирную продукцию. Нужно было осваивать новые изделия, которые обеспечили бы надежную загрузку производства в условиях быстрого сокращения оружейной программы. Руководство завода, в первую очередь, его директор

А.С.Елян, энергично ищет новые заказы и области применения большого производственного потенциала завода. В середине 1945 г. завод берется за изготовление широкой гаммы нефтебурового оборудования (буровые долота, грязевые и глубинные насосы, фонтанная арматура, элеваторы, буровые трубы). Под эту программу в июне 1945 г. на заводе создается небольшое КБ под руководством талантливого инженера Ю.Н. Кошкина. В сентябре того же года это КБ объединяется с конструкторским отделом в одну структуру — Отдел главного конструктора (ОГК), подчиненный директору завода. Возглавил его главный конструктор завода Анатолий Иванович Савин, а непосредственное руководство основными направлениями работы ОГК осуществляли его заместители: молодой выпускник МВТУ им. Баумана Е. Н. Черномордик (артиллерийские системы) и Ю.Н. Кошкин (нефтяное оборудование).

Вскоре после этого Завод № 92 привлекает внимание ПГУ и в начале 1946 г. получает первое задание ядерного профиля на разработку и освоение производства специальных машин — компрессорных агрегатов для получения обогащенного урана методом газовой диффузии.**

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НОВУЮ ТЕХНИКУ

Задание на разработку первых диффузионных машин, подготовленное научным руководителем проблемы диффузионного разделения урана И.К. Кикоиным и его заместителем И.Н. Вознесенским, было выдано одновременно Заводу № 92 и ОКБ Кировского завода в Ленинграде. Оно предусматривало создание многоступенчатой диффузионной компрессорной машины, работающей на гексафториде урана (UF_6). ОГК предстояло разработать чертежи машины и выполнить необходимые расчеты, а производству завода — изготовить опытные образцы для проведения испытаний и начать серийное изготовление машин. Поставка первой партии машин намечалась на начало 1948 г.

Однако выполненные на заводе проработки показали, что предложенная в задании конст-

* До конца 1942 г. главным конструктором завода был В.Г. Грабин, а с 1943 — А.И. Савин.

** Постановление Совнаркома СССР о сооружении первого диффузионного завода — Комбината 813, или Завода Д-1 — вышло 1 декабря 1945 г.

рукция машины неработоспособна и нетехнологична. Необходимо было срочно разрабатывать и осваивать в производстве новую конструкцию машины, полагаясь, прежде всего, на собственные технические идеи и решения.

Углубленное знакомство с проблемой, которую предстояло решать заводу, произошло в конце 1946 г., когда на завод прибыла группа ученых Лаборатории № 2 (будущий Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова) во главе с И.К. Кикоиным (в эту группу входили также известные ученые Я.Г.Сморodinский, Е.М. Воинов, Н.М. Лысцов и др.). Они ознакомили руководство завода, конструкторов и технологов с назначением и условиями работы новых машин, основными техническими требованиями к ним. Тесное взаимодействие с учеными Лаборатории № 2, начавшееся с этого времени, во многом способствовало быстрому продвижению поисковых работ по конструкции диффузионных машин, их опытной отработке и освоению производства.

В этот же период (конец 1946 — начало 1947 г.) Завод № 92 привлекается к решению еще одной важной проблемы атомного проекта — созданию первого промышленного реактора для наработки плутония. Заводу поручалось срочно разработать и подготовить один из важнейших узлов этого реактора — систему разгрузки облученных урановых блоков. Срочность задания диктовалась тем, что чертежи реактора уже были запущены в производство, шли испытания первых образцов оборудования, а система разгрузки, разработанная под руководством главного конструктора реактора Н.А. Доллежала, оказалась неработоспособной.

В связи с расширением круга задач Завода № 92 по созданию оборудования для ядерной промышленности постановлением Совета Министров СССР от 1 марта 1947 г. № 390-159 при заводе образуется специализированное подразделение — Особое конструкторское бюро (ОКБ).

С этого события и ведет отсчет своей истории Опытное конструкторское бюро машино-

строения (ОКБМ) — ныне ведущая научно-производственная организация в области атомного машиностроения. Первым начальником ОКБ был назначен по совместительству директор завода А.С. Елян, главным конструктором — молодой талантливый инженер-артиллерист А.И. Савин.

ПЕРЕСТРОЙКА ПОД НОВУЮ ТЕХНИКУ

Постановление СМ СССР от 1 марта 1947 г. оформило и подстегнуло процесс организационной перестройки конструкторско-технологических служб Завода № 92, начавшийся по существу еще в 1946 г. в связи с необходимостью развертывания работ по новой тематике. Костяк ОКБ составили опытные конструкторы Е.Н.Черномордик (зам. главного конструктора), Ю.Н. Кошкин (зам. главного конструктора), Н.А. Велединский, Г.В. Ордынский, А.В. Рогов, А.И. Солнышков, И.И. Кучеров, А.Я. Абрамович и другие, а также ведущие специалисты — технологи завода: К.В. Бородин, В.И. Шаронов, З.М. Мовшевич, В.Н. Солонцов, Х.Ш. Гольденберг, Г.С. Копылов, расчетчики: В.П. Пантелеева, Р.М. Кофт, В.Н. Трифонов и др.**

Для участия в конструкторских разработках, подготовке производства, организации опытных работ и испытаний из состава технических отделов и цехов были привлечены инженеры и техники, обладавшие большим производственным опытом и технической эрудицией. Это И.И. Африкантов — начальник цеха (впоследствии главный конструктор ОКБМ), А.Е. Соколов — энергетик цеха № 3 (впоследствии главный конструктор СКБ завода), П.П. Семин — инженер-металлург прокатного цеха, руководители металлургических цехов Д.В. Каганов и Д.И. Эфрос, зам. главного энергетика В.А. Курилкин. Разработка технологической документации и подготовка производства новых машин возлагались на главного технолога завода Г.Д. Лычева, зам. главного металлурга Г.Г. Колесникова и начальника технологического подотдела ОГТ В.Н. Шишкина. Кроме того, была организована специ-

* А.И. Савин родился в 1920 г. Главный конструктор ОКБ с 1947 по 1952 г. Впоследствии — Генеральный конструктор ракетно-космических систем, академик РАН. Герой Социалистического Труда.

** В этом разделе используются материалы из истории Завода № 92 «Товарищ завод», Н.Новгород: Волго-Вятское книжное издательство, 1992 г.

альная группа опытных технологов, механиков и металлургов, которые работали непосредственно с конструкторами ОКБ. В состав этой группы входили технологи В.А. Гордеев, В.М. Чернов, Н.С. Скосырев и др. Для оперативного изготовления наиболее сложных деталей и проведения испытаний опытных образцов в одном из цехов завода был создан участок опытных работ под руководством В.В. Селихова и Н.В. Дмитрусенко.

В том же 1946 г. под новую тематику началось проектирование и одновременно строительство новых цехов — цеха металлопокрытий, первой очереди сборочного цеха, зданий для лабораторий и испытательных стендов. Их строительство велось чрезвычайно интенсивно, поскольку ввод этих объектов по существу определял сроки начала производства новых машин и весь его дальнейший ход. Особое внимание уделялось сборочному цеху, который должен был обеспечивать высокую чистоту сборки, проведение сложных проверок и всех видов испытаний. В частности, необходимо было решать такие новые для завода задачи, как динамическая балансировка роторов, проведение вакуумных испытаний, отладка работы подшипниковых узлов двигателей и т. п.

Создается первая испытательная лаборатория для электрических, гидравлических, вакуумных, коррозионных и других испытаний, а также комплексных испытаний диффузионных машин в сборе. Одновременно формировался коллектив испытателей под руководством первого начальника лаборатории В.А. Курилкина. Первыми инженерами здесь были А.М. Гривеннов, Г.Г. Корнилов, Н.П. Клепачевская, В.П. Ерофеева, Е.М. Цогоева, С.С. Штернов и др.

Работа по освоению и изготовлению новых изделий осуществлялась в условиях самого тесного взаимодействия ОКБ и всех технических служб завода. Этому способствовала четкая и эффективная организация работы, сосредоточение всех нитей управления в руках директора завода. Обладая твердой волей, требовательностью к подчиненным, умением быстро схватывать производственные проблемы, оперативно решать организационные и кадровые вопросы, А.С.Елян утвердил на заводе стиль, пронизанный деятельностью сверху до низу. Исполнительская дисциплина была очень жесткой, а режим работы сохранял все особенности военного времени (ненормированный ра-

бочий день, работа без отпусков и т. д.). Все было подчинено одной задаче — скорейшей отработке конструкций, освоению и запуску машин в массовое производство.

Не будет преувеличением сказать, что центральной фигурой этого слаженного производственного процесса был конструктор. В работе использовался метод скоростного проектирования и отработки изделий, освоенный на заводе еще в годы войны. Работа технолога с конструктором начиналась с первых этапов проектирования. Изготовление опытных образцов производилось зачастую по эскизам и временным технологиям — чертежи прямо «в белках» шли в производство. По всем основным агрегатам изделия были созданы группы конструкторов, работавших напрямую с технологами цехов. Ведущим конструкторам разрешалось по ходу освоения производить доработку изделий и изменение чертежей. Принципиальные изменения немедленно согласовывались с руководством производства и директором завода. По воспоминаниям участников, такая практика иногда вносила нервозность в работу, но зато давала огромный выигрыш в сроках освоения производства изделий. А фактор времени был настолько жестким, что от завода требовали поставки первых партий машин на монтажную площадку, не дожидаясь результатов их комиссионных испытаний и приемки в эксплуатацию.

В результате напряженной работы завода и его ОКБ выпуск изделий был освоен уже в 1947 г., а с начала 1948 г. эшелоны с машинами марки ОК стали поступать в поселок Верх-Нейвинский на строительную площадку первого газодиффузионного Завода Д-1. В ноябре 1949 г. на этом заводе была получена первая партия обогащенного гексафторида урана. Правда, из-за ненадежной работы разделительных каскадов и повышенного разложения UF_6 не удалось сразу достичь требуемого уровня обогащения 90%. Предстояла еще огромная работа по доработке и усовершенствованию конструкции компрессорных машин, по анализу и доводке всей технологии диффузионного процесса. О неудачах, трудностях и проблемах, с которыми пришлось встретиться создателям диффузионных машин, о том, как они преодолевались по мере накопления опыта и знаний, подробно рассказано в других главах книги, а также в вышедших ранее книгах вете-

ранов атомной отрасли Н.М. Синева и А.К. Круглова.*

К 1950 г. диффузионная технология была освоена в СССР, а созданные производственные мощности стали давать по несколько десятков килограммов урана 90%-ного обогащения. СКБ Завода № 92 продолжало разработку и освоение производства все более совершенных конструкций диффузионных машин. Всего за период 1946—1957 гг. в ОКБ было разработано 25 типов диффузионных машин, 12 из них выдержали комплексные приемочные испытания, 9 запущены в серийное производство. Работа по конструктивной модернизации машин, испытаниям опытных образцов, отработке элементов и узлов велась непрерывно. Поэтому переход к каждому следующему типу машин сопровождался заметным приростом их качественных показателей — повышением надежности, ресурса, КПД, снижением удельной мощности и металлоемкости. Одновременно совершенствовались технология и организация производства, наращивались объемы выпуска машин. Все это позволило, в конечном счете, полностью удовлетворить потребности страны в оружейном уране, а в последующие годы — и в ядерном топливе для ядерной энергетики.

В 1951 г. за создание диффузионных машин и их серийное производство были присуждены Сталинские премии работникам Завода № 92 и его ОКБ: А.С. Еляну, А.И. Савину, В.Д. Максименко (главному инженеру), А.Е. Соколову, Е.Н. Черномордику, К.В. Бородкину, А.С. Калинин (конструктору электропривода). Ряд конструкторов, технологов, рабочих завода были награждены орденами и медалями.

Для оценки заслуг Завода № 92 и его ОКБ в решении диффузионной проблемы уместно привести здесь еще одну цитату из книги Г. Смита: «... Вероятно, больше чем какая-либо другая группа в Манхэттенском проекте, группа, работавшая над газовой диффузией, заслуживает награды за смелость и настойчивость, так же как и за научные и технические дарования».

РАСШИРЕНИЕ ТЕМАТИКИ РАБОТ ОКБ — ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ

В 1946—1947 гг., одновременно с развертыванием работ по диффузионным машинам, в ОКБ ведется разработка механизма разгрузки первого промышленного реактора «А». На Заводе № 92 изготавливаются и испытываются опытные образцы механизма. После тщательных испытаний и доработки чертежей они были утверждены И.В. Курчатовым (25 декабря 1947 г.) и запущены в производство. Отметим, что конструкция механизмов перегрузки, созданных и смонтированных на реакторе под руководством Ю.Н. Кошкина, оказалась удачной и проработала вплоть до снятия реактора с эксплуатации в 1987 г.

В 1948 г. ОКБ берется уже целиком за разработку следующего промышленного уран-графитового реактора (проект ОК-110). За основу его конструкции взята схема первого реактора, но в ходе разработки проекта в нее вносятся значительные усовершенствования, учитывающие опыт его создания и эксплуатации. Особое внимание было уделено повышению работоспособности технологических каналов и графитовой кладки реактора, его надежности и ремонтпригодности, сокращению простоев, связанных с загрузочно-разгрузочными операциями. Выпуск основного оборудования нового реактора успешно осваивается на Заводе № 92. В период 1950—1952 гг. было построено и пущено три реактора типа ОК-110. Все они работали надежно вплоть до снятия с эксплуатации в 1989—1990 гг., превысив заложенный в проектах срок службы в несколько раз.

В 1949 г. ОКБ поручается разработка проекта первого промышленного реактора на тяжелой воде (проект ОК-180). Это событие, пожалуй, можно уже считать признанием авторитета заводского ОКБ в решении самых сложных задач создания атомной техники. Дело в том, что первоначально разработка проекта этого реактора поручалась ленинградскому ЦКТИ и ОКБ «Гидропресс» в Подольске (главный кон-

* Н.М. Синев — бывший главный конструктор ОКБ ЛИЗ — конкурента ОКБ Завода № 92 по разработке диффузионных машин. Его книга «Обогащенный уран для атомного оружия и энергетики» (ЦНИИАтоминформ, 1991 г.) представляет собой увлекательное повествование о сложных перипетиях создания газодиффузионных заводов в СССР.

Книга А.К. Круглова «Как создавалась атомная промышленность и СССР» дает, по мнению авторов, наиболее полное и квалифицированное изложение истории создания атомной отрасли.

структор ОКБ Б.М. Шолкович). Однако представленный научному руководителю работ А.И. Алиханову технический проект реактора (январь 1949 г.) был отклонен им по причине недостаточного экспериментального обоснования. А.И. Алиханов обратился к директору Завода № 92 А.С. Еляну с предложением разработать новый проект и провести необходимый объем опытно-экспериментальных работ. Согласие было получено, соответствующее задание было оформлено постановлением правительства от 26 марта 1949 г. Заводу поручалась не только разработка проекта реактора, но и изготовление необходимых экспериментальных стендов, а также всего оборудования реактора с поставкой, монтажом и пусконаладкой его на площадке Комбината 817 (Челябинск-40).

Эта задача, объективно самая сложная в инженерном плане из всех полученных ОКБ в тот период, была успешно решена. Реактор был пущен в ноябре 1951 г. и проработал до 1965 г. Сегодня не может не вызывать восхищения тот факт, что весь цикл работ по созданию этого сложного производственно-технического объекта, начиная с разработки проекта, занял менее трех лет. За первым реактором последовал ряд других, все более совершенных конструкций промышленных тяжеловодных реакторов: ОК-190, ОК-190М, Л-2. На этих реакторах, кроме оружейного плутония, производилась наработка трития, необходимого для создания термоядерных боеприпасов, а позднее было налажено производство изотопной продукции для нужд народного хозяйства и медицины. Кроме того, по проектам и с участием ОКБ были созданы экспериментальный тяжеловодный реактор для проведения научных исследований в институте академика А.И. Алиханова (Лаборатория № 3, Теплотехническая лаборатория, с 1956 г. Институт теоретической и экспериментальной физики) и опытно-промышленные тяжеловодные реакторы с возможностью проведения исследовательских работ для Югославии и КНР.

Успех всей этой огромной работы можно объяснить не только тем, что коллектив ОКБ быстро набирался опыта в решении разнообразных задач создания новой техники, но и его опорой на мощный производственный потенциал родного завода.

КАДРОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СТРУКТУРА МОЛОДОГО КБ

На момент образования ОКБ в 1947 г. в нем насчитывалось около 140 человек — все, что мог дать завод своему новому подразделению. В связи с быстрым развертыванием работ по ядерной тематике молодое ОКБ остро нуждалось в пополнении квалифицированными кадрами конструкторов, расчетчиков, испытателей. Решению этого вопроса на первых порах помогло следующее обстоятельство. Весной 1948 г. было ликвидировано ОКБ Горьковского авиационного завода № 21 (главный конструктор С.А. Лавочкин). Прославленный коллектив авиастроителей оказался не у дел. Возникла идея пригласить их на работу в ОКБ Завода № 92. С этой целью на завод были командированы главный конструктор А.И. Савин и начальник лаборатории ОКБ В.А. Курилкин. В результате этой вербовочной миссии в конце 1948 — начале 1949 г. в ОКБ влилась большая группа (около 30 человек) специалистов, которым было суждено сыграть значительную роль в жизни молодого коллектива конструкторов. Дело в том, что в новом пополнении преобладали высококвалифицированные специалисты, некоторые из которых возглавляли в ОКБ-21 конструкторские бригады и группы. Высокая инженерная квалификация позволила авиационным специалистам быстро переключиться на новую ядерную тематику. Многие из них впоследствии стали руководителями подразделений групп специалистов (В.М. Карабанов, А.И. Макаров, М.В. Невядомский, П.И. Родин, М.В. Смирнов и другие), а Н.М. Царев, В.И. Ширяев, А.М. Шамапов выросли до заместителей главного конструктора. Пришедшее в ОКБ пополнение не только восполнило нехватку квалифицированных инженерных кадров, но и внесло в него лучшие традиции проектирования сложной авиационной техники, прежде всего, углубленный расчетный анализ и тщательную экспериментальную отработку конструкций. Такой подход был очень важен для новых изделий, разрабатываемых в ОКБ в связи с особыми требованиями к их надежности в специфических, во многом еще неизвестных условиях эксплуатации.

С приходом нового пополнения и по мере расширения круга решаемых задач претерпе-

вает изменения структура ОКБ. Появляются новые конструкторские и первые расчетные подразделения. Новыми заместителями главного конструктора становятся А.Е. Соколов и К.В. Бородин, а несколько позже — В.И. Шаронов и В.Н. Солонов. Каждый из заместителей вел свое направление и обладал большими полномочиями. Е. Н. Черномордик — самый молодой из них — был первым заместителем главного конструктора, в его подчинении находились самые большие конструкторские подразделения и оба расчетных бюро. Руководители ОКБ, кроме того, возглавляли бригады конструкторов и рабочих завода на монтаже изделий ОКБ и во время пусконаладочных испытаний. Так, Ю.Н. Кошкин длительное время находился на площадках комбинатов в Челябинске-40, Томске-7 и Красноярске-26 во время сооружения и пуска реакторов «А», ОК-110, ОК-120, ОК-135, ОК-140, ОК-204, ОК-205 и ОК-206. Д.В.Каганов возглавлял шеф-монтажную бригаду завода, а В. Н. Солонов — большую группу конструкторов ОКБ в период монтажа и пусконаладочных работ на реакторах ОК-180 (1950—1951 г.) и ОК-190 (1954—1955 гг.).

В марте 1949 г. в связи с развертыванием работ по проекту тяжеловодного реактора ОК-180 в ОКБ образуется новое подразделение — сектор «Б» (начальник В.Н. Солонов) в составе четырех групп: компоновочной (руководитель В.И. Ширяев), схемной (С.Ф. Куликов, затем М.В.Смирнов), канальной (Н.И.Савин) и реакторной (А.М. Шаматов). В дальнейшем, по мере расширения и углубления тематики работ, процесс оптимизации организационной структуры ОКБ продолжается. Из указанных групп в последующие годы создаются крупные конструкторские отделы.

В 1951 г. в жизни ОКБ произошло значительное событие. Руководители ОКБ — его начальник (директор завода) А.С. Елян и главный конструктор А.И. Савин с рядом ведущих специалистов переводятся на работу в Москву в НИИ ракетно-космического профиля. Это была, конечно, ощутимая потеря, вызвавшая

немало волнений в коллективе. Однако к этому времени тематика ОКБ и результаты его работы были уже настолько значительными, а коллектив настолько окреп, что возникшая была тревога быстро рассеялась. Этому в значительной степени способствовала и энергичная работа нового главного конструктора ОКБ Игоря Ивановича Африкантова*, пользовавшегося большим авторитетом на заводе и в ОКБ. Он, вероятно, как никто другой из ведущих специалистов завода, видел уже в то время большие перспективы развития атомной техники и понимал необходимость всемерного укрепления заводского ОКБ. Его инженерная целеустремленность, в сочетании с исключительной целеустремленностью, сильной волей, смелостью и огромной организаторской энергией сыграли решающую роль во всей последующей истории развития ОКБ, формировании его тематики и структуры, проведении кадровой и инженерной политики.

Назначенный после ухода А.С. Еяна начальником ОКБ новый директор завода В.Д. Максименко, судя по воспоминаниям участников тех событий, был ближе к заводским делам, чем к проблемам ОКБ, меньше внимания уделял продвижению в производство изделий с индексом ОК. И.И. Африкантов хорошо понимал опасность такого положения дел, так как работа ОКБ постоянно шла в напряженном соревновании с другими проектно-конструкторскими организациями (ОКБ ленинградского Кировского завода, НИИ-8, ОКБ «Гидропресс»), и фактор опытного производства имел зачастую решающее значение как для сроков решения поставленных задач, так и для принятия государственных решений, дававших изделиям дорогу в жизнь. Промедление на любом этапе грозило для ОКБ опасностью выбыть из напряженной конкурентной борьбы. Поэтому главный конструктор начал настойчиво добиваться создания собственного опытного производства (цеха) при ОКБ. По воспоминаниям С.В. Ефимова, эту идею И.И. Африкантова не поддерживал никто из руководителей завода. И лишь при помощи

* И.И. Африкантов (1916—1969) — выдающийся конструктор ядерных реакторов и оборудования атомной промышленности, доктор технических наук, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий. До назначения на должность главного конструктора работал начальником инструментального цеха Завода № 92, заместителем начальника ОКБ по производству. По специальности судостроитель-теплотехник. Окончил Горьковский политехнический институт, после этого работал на Сталинградской судостроительной заводе. На Заводе № 92 с 1943 г. Быстро продвинулся благодаря незаурядным инженерным и организаторским способностям.

партийного комитета завода соответствующее решение в конце концов было принято. В 1953 г. ОКБ получило под свое опытное производство два пролета в прокатном цехе. В дальнейшем главному конструктору пришлось выдержать битву с заводом по укомплектованию этого производства станками. Вопрос решался тяжело, поскольку завод сам испытывал нехватку станков, особенно новых марок. Большую помощь главному конструктору в создании и развитии опытного производства оказали в этот период его ближайшие сподвижники, опытные производственники Д.В. Каганов (первый начальник цеха) и П.П. Семин.

Создание опытного цеха, безусловно, расширяло возможности ОКБ, однако в этот период его размеры и оснащенность еще не позволяли решать все вопросы изготовления опытных образцов разрабатываемых изделий и экспериментальных стендов для их испытаний. Завод № 92 еще длительное время будет сохранять свою роль основной производственной базы для изделий ОКБ. Проблема создания мощного опытного производства ОКБ, так же как задача его пополнения квалифицированными кадрами, еще многие годы оставалась «головной болью» руководства ОКБ. Она была решена лишь в 60-е годы, после перехода ОКБ в структуру Министерства среднего машиностроения.

ПЕРВЫЙ АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ

1954 г. открывает новую главу в истории ОКБ Завода № 92, связанную с транспортными — судовыми и корабельными — ядерными энергетическими установками. Вообще этот год стал особой вехой в истории атомной промышленности СССР. К этому времени в принципиальном плане решены самые неотложные задачи Урановой проблемы: быстро нарастают объемы производства ядерных материалов (плутония и высокообогащенного урана), успешно испытаны первые образцы атомного и термоядерного оружия, отодвинута угроза безответного ядерного нападения. И хотя еще далеко до обеспечения гарантированной безопасности страны путем создания «ядерно-ракетного щита», научные руководители атомной программы академики И.В. Курчатов и А.П. Александров считают, что можно подумывать теперь и о мирном использовании ядер-

ной энергии. В этом они видят гуманный смысл своей деятельности и возможность получения полезной отдачи от тех гигантских усилий, которые были затрачены на овладение ядерной энергией и создание атомной промышленности. В этот период завершается строительство первой в мире опытной АЭС в Обнинске. Выдаются задания на разработку двухцелевых реакторов, в которых процесс наработки плутония совмещается с выработкой электроэнергии и получением низкопотенциального тепла для целей отопления (первый из них — реактор ЭИ-2, главный конструктор Н.А. Доллежал).

В ноябре 1953 г. Совет Министров СССР принимает постановление о разработке мощного арктического ледокола с ядерной энергетической установкой. Ледокол предназначался для проводки транспортных судов и для экспедиционного плавания в Северном Ледовитом океане. Разработка проекта ядерной паропроизводящей установки (ЯППУ) для этого ледокола поручалась ОКБ Завода № 92, а производству этого завода — изготовление и комплектная поставка ЯППУ на Адмиралтейский завод в Ленинграде, где должен был строиться ледокол.

Задача создания первого в мире атомного ледокола вошла в Директивы XX съезда КПСС (1956 г.), что неизбежно придавало всем работам по этой теме особое, политическое значение. Поэтому предусматривались предельно сжатые сроки выполнения работ и, несмотря на сугубо мирное назначение новой разработки, условия ее выполнения по напряженности труда и ответственности практически не отличались от разработок оборонного назначения, которые ОКБ приходилось выполнять до этого. Разработка проекта ЯППУ ледокольной энергетической установки была поручена сектору «Б», руководимому В.Н. Солоновым. Уже в марте 1955 г. был разработан технический проект ЯППУ (ОК-150), а в апреле того же года по этому проекту на Заводе № 92 изготавливается натурный макет реакторного отсека ледокола. С 1956 г., по мере готовности рабочей документации на отдельные группы оборудования, началось изготовление ЯППУ. График работ ОКБ и изготовления оборудования жестко контролировался главным конструктором И. И. Африкантовым и директором завода.

Быстро нарастающий объем работ по ЯППУ

ледокола потребовал очередной перестройки организационной структуры ОКБ. В 1954 г. техническое руководство работами по этому проекту было возложено на нового заместителя главного конструктора Н.М. Царева. Сектор «В», занимавшийся одновременно тяжело-водными реакторами и ледокольной ЯППУ, был разделен на два отдела: «Б» и «В». Первому из них под руководством А.М. Шаматова и было поручено вести ледокольную тематику.

При разработке ЯППУ ледокола специалистами ОКБ совместно с научным руководством, которое осуществляла Лаборатория № 2, был решен ряд принципиально новых для реакторной техники задач. В отличие от разрабатываемых до этого промышленных реакторов ледокольная установка охлаждалась теплоносителем, имеющим высокие рабочие параметры. Специфические условия размещения судовой реакторной установки в отсеке ледокола требовали создания максимально компактной конструкции, удовлетворяющей жестким требованиям по массе и габаритам. Нужно было найти эффективные решения и по обеспечению радиационной безопасности экипажа судна, которому предстояло месяцами работать и жить буквально бок о бок с работающими реакторами. Особое внимание уделялось поэтому обеспечению герметичности и надежности работы оборудования первого контура. Впервые решалась задача создания активной зоны с большой кампанией и экономичным использованием ядерного топлива.

Постройка атомного ледокола, получившего имя «Ленин», была завершена в сентябре 1959 г., а в декабре того же года, после серии испытаний, ледокол был сдан в опытную эксплуатацию. Его работа на трассах Северного морского пути с первой же навигации оказалась очень эффективной. Мощная энергетическая установка (44 000 л.с.) придала ледоколу совершенно новые качества, особенно важные в условиях Арктики, — большую автономность плавания, возможность длительной работы вдали от баз заправки топлива, практически неограниченную проходимость во льдах. Все это открыло возможности существенного удлинения сроков навигации, ускорения проводки грузовых судов, снижения аварийности и повышения безопасности плавания в Арктике. Первая ЯППУ ледокола «Ленин» проработала шесть навигаций, показав свою работоспособ-

ность в самых тяжелых условиях эксплуатации — при качке, ударах судна о лед и частых изменениях нагрузки. Основные научно-технические результаты эксплуатации первой судовой ЯППУ послужили источником ценнейшего опыта для ОКБ в его дальнейших работах по созданию новых поколений судовых и корабельных ЯППУ. Пожалуй, главный итог этой работы состоял в том, что была в принципе подтверждена возможность создания судовых реакторных установок и их высокая эффективность. Очень удачно была выбрана сама область применения ядерной энергии (мощные линейные ледоколы), где уникальные свойства энергоисточника давали наиболее осязаемые, бесспорные преимущества перед традиционными решениями, в том числе и по экономическим показателям.

Огромная заслуга в этом научного руководителя проблемы академика А.П. Александрова. Он был автором самой идеи атомного ледокола, самым настойчивым сторонником ее воплощения на этапе принятия соответствующих директивных решений и активным участником реализации проекта. По воспоминаниям сотрудников ОКБ, А.П. Александров часто сам подключался к решению разнообразных вопросов научного, организационного, инженерного и даже производственного характера. Его консультации, советы и решения всегда оказывались очень конструктивными, полезными и своевременными.

Пожалуй, не будет преувеличением сказать, что по своей значимости создание атомного ледокола «Ленин» стоит в одном ряду с такими выдающимися событиями, как пуск первой атомной станции. Оба этих события имели исключительное значение для дальнейшего развития невоенных областей применения ядерной энергии. Демонстрируя мирные устремления Советского государства в самый мрачный период атомной гонки, они, в то же время, наглядно свидетельствовали о зрелости советской науки и инженерной мысли, о большом потенциале различных отраслей нашей промышленности. С этого момента СССР стал бесспорным лидером в атомном судостроении и сохраняет эти позиции до настоящего времени.

Труд создателей первого атомного ледокола был по достоинству оценен государством. Большая группа работников ОКБ и Завода № 92 была награждена высокими государст-

венными наградами. Звания Героя Социалистического Труда был удостоен главный конструктор ОКБ И.И. Африкантов. Руководители работ по ЯППУ Н.М. Царев, В.И. Ширяев, Д.В. Каганов и В.М. Карабанов стали лауреатами Ленинской премии. Получило высокую государственную награду и само ОКБ — указом Президиума Верховного Совета СССР от 14 мая 1960 г. «За успешное выполнение задания Правительства по созданию атомной установки ледокола «Ленин» и заслуги в деле развития отечественного реакторостроения» оно было награждено орденом Ленина. Редкий, может быть беспрецедентный случай, когда высшим орденом государства награждалась не самостоятельная организация, а подразделение одного из машиностроительных заводов.

Отметим здесь, что созданное в США приблизительно в тот же период времени грузопассажирское судно «Саванна» с ядерной энергетической установкой имело исключительно опытное назначение. Его эксплуатация решала ограниченную задачу — продемонстрировать работоспособность и безопасность атомного судна. Оно не показало каких-либо очевидных экономических или иных преимуществ перед традиционными судами того же назначения. Судно эксплуатировалось с 1962 по 1969 г. и после завершения намеченной программы испытаний было списано (переоборудовано в плавучий музей), оставшись рядовым эпизодом в атомной программе США. Дальнейшего развития гражданское атомное судостроение в этой стране не получило. В СССР, напротив, создание первого атомного ледокола положило начало развитию новой отрасли — атомного судостроения и появлению, в конечном счете, целого флота атомных судов, которые и сейчас несут трудовую вахту на бескрайних просторах Арктики.

РЕАКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

В 1954 г., практически одновременно с началом работ по атомному ледоколу «Ленин», Завод № 92 и его ОКБ привлекаются к проблеме создания первой атомной подводной лодки (проект ВМ-А, главный конструктор корабля В.Н. Перегудов, научный руководитель академик А.П. Александров). На ОКБ возлагается задача разработки рабочего проекта наземного прототипа лодочной ядерной энергетической

установки — станда 27ВМ — и самой ЯППУ ВМ-А при участии НИИ-8 — организации главного конструктора установки Н.А. Доллежаля. Заводу № 92 поручается изготовление и поставка оборудования для этих установок.

Программе создания первой атомной подводной лодки придавалось исключительно большое значение. Руководством страны она рассматривалась как эффективный ответ на растущую угрозу со стороны США, приблизивших свои военные базы вплотную к границам СССР и стран социалистического лагеря. Сами же Соединенные Штаты оставались в тот период практически неуязвимыми для ответных ударов благодаря океанам, окружающим их территорию. В отсутствие межконтинентальных баллистических ракет (до их создания было еще далеко) подводные лодки с атомными двигателями обещали реальную возможность доставки ядерного оружия к территории США. Кроме того, они позволяли скрытно действовать на дальних подступах к территориальным водам СССР, оказывая противодействие авианосным соединениям кораблей — главной ударной силе предполагаемого противника.

Все решения по этому направлению принимались на уровне высшего партийно-государственного руководства страны и находились под самым жестким контролем. Устанавливались очень ограниченные сроки выполнения работ. Уже в 1955 г. ОКБ заканчивает разработку рабочих проектов реакторных установок 27ВМ и ВМ-А, которые быстро запускаются в производство. Работы осуществлялись коллективом конструкторов под руководством заместителя главного конструктора Ю.Н. Кошкина. Изготовление и отгрузка оборудования на монтаж осуществлялись в 1956—1957 гг. После участия в монтаже и пусконаладке этих установок ОКБ длительное время осуществляет авторский надзор за их эксплуатацией, выполняет доработки оборудования по результатам эксплуатации.

Видя значительные перспективы конструктивно-технологического совершенствования лодочных ЯППУ, главный конструктор ОКБ И.И. Африкантов в 1955 г. обращается в правительство с предложением о создании при ОКБ сектора транспортных атомных установок. В обращении содержалась просьба оказать содействие в пополнении ОКБ квалифи-

цированными специалистами для развертывания конструкторских работ по этому направлению. Первым поддержало это обращение Министерство среднего машиностроения (Е.П. Славский), выделив на эти цели из своего фонда одиннадцать молодых специалистов. Еще 25 специалистов выделило Министерство оборонной промышленности. С этого времени заметно усиливается приток в ОКБ выпускников различных вузов страны. Направление транспортных ЯППУ превращается в одно из главных для ОКБ как по значимости работ, так и по численности привлеченных специалистов.

Сразу же по завершению рабочего проектирования установок 27ВМ, ВМ-А и ОК-150 в ОКБ проводятся широкие поисковые исследования по транспортным ЯППУ с минимальными массогабаритными характеристиками, сокращенной протяженностью трубопроводов первого контура, повышенным сроком службы. Работы велись в специально образованном конструкторском подразделении — бюро перспективного проектирования, которое возглавлял В.И. Ширяев. По существу эти работы имели своей целью создание новой концепции реакторной установки, в наибольшей степени отвечающей специфическим требованиям размещения и эксплуатации на морских судах и кораблях различного типа. Предстояло разработать ряд вариантов конструкции ЯППУ, выбрать наиболее оптимальный тип установки, основные решения по ее системам и компоновке. Эти работы привели к созданию в ОКБ так называемой «блочной» конструкции ЯППУ, в которой наиболее громоздкие компоненты установки — реактор, парогенераторы и гидрокамеры циркуляционных насосов — конструктивно объединились в единый блок (агрегат). Основное оборудование первого контура соединялось при этом не трубопроводами, как в стационарных «петлевых» реакторах с водой под давлением, а короткими силовыми патрубками. Дополнительный выигрыш давала и другая конструктивная находка — исполнение патрубков подвода и отвода теплоносителя по схеме «труба в трубе». Блочная конструкция ЯППУ оказалась очень прогрессивной инженерной концепцией. На ее основе в последующие годы рождается несколько поколений усовершенствованных судовых и

корабельных реакторов, а с ними — несколько поколений гражданских атомных судов и кораблей ВМФ, как надводных, так и подводных. Блочная концепция ЯППУ рождалась под непосредственным руководством главного конструктора ОКБ И.И. Африкантова и его заместителей Е.Н. Черномордика и Н.М. Царева.

Уже в конце 50-х годов в ОКБ разрабатывается ряд блочных ЯППУ различной мощности и назначения: ОК-300, ОК-350, ОК-700, ОК-900 (ведущие конструкторские отделы по этим проектам возглавляли А.М. Шаматов, М.В. Смирнов и З.М. Мовшевич). Первые три проекта становятся базовыми для атомных подводных лодок второго поколения (ВМ-4), серийное строительство которых развернулось в 60-е годы сразу на нескольких судостроительных заводах страны. Организации крупносерийного строительства этих лодок способствовало то, что в указанных проектах ЯППУ разработчиком предусматривалось использование унифицированного оборудования для энергетических установок разных заказов ВМФ.

С появлением первых атомных подводных лодок становятся очевидными их огромные преимущества перед дизель-электрическими лодками. Благодаря атомным энергетическим установкам подводные лодки обрели способность длительно двигаться в погруженном состоянии и эффективно действовать практически на всем пространстве мирового океана. Значительно возросли их крейсерская скорость, глубина погружения, скрытность, энерговооруженность и другие тактико-технические характеристики, существенно улучшились условия жизнедеятельности моряков-подводников. Не будет преувеличением сказать, что применение ядерной энергии произвело в 60–70-е годы подлинную техническую революцию на флоте. Разработка и освоение производства мощных и надежных атомных энергетических установок сделали возможным создание новых классов кораблей ВМФ. В свою очередь, быстро возраставшие требования ВМФ к корабельным энергетическим установкам, обусловленные напряженным соревнованием с аналогичной корабельной техникой США, стимулировали непрерывный поиск новых, все более совершенных и эффективных решений по ЯППУ.

На основе ЯППУ ОК-900* в 70-е годы в ОКБ была разработана самая мощная корабельная энергетическая установка КН-3. С использованием этой установки была построена серия уникальных боевых кораблей — тяжелых атомных ракетных крейсеров, составляющих основу современного надводного флота России.

РЕАКТОРЫ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ

В начале 60-х годов в ОКБ возникают новые направления работ, связанные с созданием реакторов, охлаждаемых жидкометаллическими теплоносителями. Быстро разворачиваются работы по проекту лодочной ЯППУ с тяжелым свинцово-висмутовым теплоносителем (ОК-550) и по проекту опытно-промышленного реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БН-350 (ОК-500). К первой из этих установок предъявлялись уникальные требования по габаритам и массе, которые диктовались специфическими условиями применения на атомной подводной лодке малого водоизмещения. Эти требования, как представлялось в то время, не могли быть выполнены при использовании ЯППУ с водо-водяным реактором, даже при использовании наиболее компактной блочной компоновки. Второй проект должен был положить начало новому направлению в атомной энергетике — реакторам на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством ядерного топлива.

Уникальные инженерные особенности обоих типов реакторных установок были связаны с высоким уровнем рабочих температур, большой энергонапряженностью активных зон и тепломеханического оборудования, сложностью и новизной технологии жидкометаллических теплоносителей. Оба проекта потребовали разработки оригинальных схемно-компоновочных решений, создания совершенно новых видов оборудования, проведения большого объема НИР и ОКР для обоснования проектных решений. Работы по первому направлению велись под руководством зам. главного конструктора Н.М. Царева, ведущий констру-

кторский отдел возглавлял М.В. Смирнов. Разработку проекта БН-350, так же как следующего быстрого реактора БН-600, возглавлял В.И. Ширяев. Научное руководство обоими проектами осуществлял Физико-энергетический институт в Обнинске (научный руководитель направления академик АН УССР А.И. Лейпунский). Забегая вперед, скажем, что обе проблемы были успешно решены. Уже в 1964 г. в производство запускаются рабочие чертежи ЯППУ ОК-550. Установки этого проекта успешно эксплуатировались на нескольких подводных лодках нового типа с уникальными, до сих пор не превзойденными тактико-техническими характеристиками.

В 1973 г. состоялся пуск первого в мире опытно-промышленного реактора на быстрых нейтронах БН-350 вблизи г. Шевченко (ныне Актау) на восточном побережье Каспийского моря. Спустя несколько лет, в 1982 г., был построен и пущен следующий разработанный ОКБ интегральный реактор на быстрых нейтронах БН-600 (Белоярская АЭС, Свердловская область). Эти события прочно закрепили за СССР позиции мирового лидера в области «быстрых» реакторов — одного из самых перспективных направлений развития ядерной энергетики. Однако до описываемых событий ОКБ предстояло еще пережить свое «второе рождение». В начале 60-х годов ОКБ стояло на пороге значительных организационных перемен, имевших принципиальное значение для его дальнейшего развития.

ОБРЕТЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ

К этому времени тематика работ ОКБ во многом переросла рамки заводского КБ. В конце 50-х — начале 60-х годов стремительно увеличивается количество разрабатываемых проектов, номенклатура проектируемых систем и оборудования. Новые направления работ все острее ставят вопросы развития экспериментальной базы ОКБ, укрепления его опытного производства, расширения штата специалистов-конструкторов, расчетчиков, испытателей, технологов. Руководство ОКБ, в первую

* Установка ОК-900, как более мощная и усовершенствованная, была первоначально использована для замены первой ЯППУ атомного ледокола «Ленин» (введена в эксплуатацию в 1970 г.), а впоследствии стала базовой для серии новых атомных ледоколов: «Арктика», «Сибирь», «Россия», «Советский Союз» и «Ямал». На ее основе в 70-е годы создаются усовершенствованные ЯППУ типа КЛТ-40 для гражданских судов. Они установлены на атомном лихтеровозе «Севморпуть» и ледоколах с ограниченной осадкой «Таймыр» и «Вайгач».

очередь его главный конструктор И.И. Африкантов, отчетливо видят большие перспективы развития атомной техники и возможности расширения тематики работ ОКБ, понимают настоятельную необходимость обретения самостоятельности. Еще в начале 1961 г. И.И. Африкантов в своем письме в ЦК КПСС ставит вопрос о расширении тематики работ ОКБ и предлагает «... сделать его ядром крупнейшего в СССР ОКБ или НИИ по атомной энергетике». Однако на первых порах идея главного конструктора о создании крупного специализированного КБ ядерного профиля с мощным опытным производством и развитой экспериментальной базой наталкивалась на серьезные возражения. Прежде всего, для этого нужны были большие целенаправленные капиталовложения или готовые производственные мощности. А их на заводе всегда не хватало. Руководство Министерства оборонной промышленности (МОП), в структуру которого входили завод и его ОКБ, не видело больших перспектив ОКБ и всего ядерного направления, считая, что главные задачи — создание диффузионных машин и промышленных реакторов — уже решены. Размах работ и огромные перспективы, о которых настойчиво говорил и писал главный конструктор, пугали министерство не только потребными затратами средств, но и потерей контроля за деятельностью ОКБ. Не встречая понимания в своем министерстве, И.И. Африкантов все чаще самостоятельно выходит в Военно-промышленную комиссию Совмина, Министерство среднего машиностроения, Минсудпром и ЦК КПСС. К этому времени в планах ОКБ уже не остается тем МОП. Атомная тематика полностью доминировала не только в его текущей работе, но и в перспективных планах.

Напрашивалось естественное и радикальное решение — передать ОКБ «атомному» министерству — Минсредмашу, тогда все основные проблемы ОКБ (капиталовложения, материальное обеспечение, численность) можно было бы решить быстро и эффективно. Но у этого простого решения оказалось много противников. Прежде всего, МОП не хотело расставаться со своим именитым (ордена Ленина!) КБ и совсем отойти от «модной» тематики атомного машиностроения. Да и завод старался в своих интересах сохранить существующее положение дел или «уйти» вместе с ОКБ в

структуру Минсредмаша. Противником последнего решения было местное «правительство» — совнархоз, структура, выполнявшая в те годы функции государственного управления во всем Волго-Вятском регионе.

По воспоминаниям С.В. Ефимова, решающее слово в разрешении этой сложной проблемы сказал Горьковский областной комитет КПСС. Главного конструктора дважды вызывали к первому секретарю обкома М.Т. Ефремову для рассмотрения всех деталей вопроса. Долго и тяжело решались вопросы «разделения», передачи ОКБ производственных участков и оборудования. Была масса других вопросов. Например, ОКБ было заинтересовано в дальнейшем использовании мощной металлургической базы завода, а завод выражал опасения, что ОКБ переманит его лучшие кадры. Все эти вопросы постепенно «утраивались» при посредничестве обкома по взаимной договоренности сторон.

Наконец, 11 ноября 1963 г. выходит Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 1139-413 о выделении ОКБ из состава Горьковского машиностроительного завода и подчинении его с 1 января 1964 г. Государственному комитету по использованию атомной энергии.

Постановление охватывало широкий круг вопросов развития ОКБ, предусматривало строительство производственных и конструкторских корпусов, экспериментальных лабораторий и стендов, организацию в Горьковском политехническом институте специального физико-технического факультета для подготовки инженерных кадров. Численность ОКБ на 1 января 1964 г. устанавливалась в количестве 1911 человек.

Начальником и главным конструктором ОКБ назначался И.И. Африкантов. При образовании ОКБ получало открытое наименование «Ордена Ленина Особое конструкторское бюро № 2 (ОКБ-2)», а с 1 января 1967 г. — его нынешнее название — Опытное конструкторское бюро машиностроения (ОКБМ).

ПЕРИОД СТРЕМИТЕЛЬНОГО РОСТА

С 1964 г. начинается новый, самый динамичный период развития ОКБ, его численного роста, укрепления производственной и экспериментальной базы, расширения тематики ра-

бот, номенклатуры разрабатываемого и изготавливаемого оборудования. Быстро растет авторитет ОКБ как комплексной проектно-конструкторской организации атомного профиля. Расширение тематики работ, появление новых направлений в ядерной энергетике, к созданию которых привлекается ОКБ, сопровождается непрерывным усложнением структуры организации. Появляются новые структурные подразделения, образуются «кусты» отделов и служб, руководимых заместителями начальника и главного конструктора ОКБ: Е.Н. Черномордиком, Ю.Н. Кошкиным, Н.И. Царевым, А.М. Шаматовым, В.И. Ширяевым, А.Ф. Гордеевым.

Опыт разработки проектов ЯППУ, особенно транспортного назначения, показал, что раздельное проектирование отдельного оборудования (арматуры, парогенераторов и т. п.) силами сторонних организаций по техническим заданиям ОКБ зачастую неэффективно как по срокам разработки, так и по техническому уровню создаваемых изделий. Поэтому руководство ОКБ настойчиво стремится к созданию условий для комплексной разработки ЯППУ, включая все основные виды оборудования. Для реализации такого подхода в ОКБ создаются специализированные подразделения по отдельным видам оборудования: арматурный (первый начальник В.Н. Солонov), парогенераторный (С.М. Иванов), насосов, транспортных ЯППУ (В.А. Маламуд), электрооборудования и приборов теплоконтроля (А.С. Кулев), автоматики и ЭВМ (А.И. Леонтьев). В связи с возрастающим объемом материаловедческих вопросов организуется металлургический отдел (В.М. Чернов). Для решения вопросов производства и ремонта эксплуатируемых изделий формируется технологический отдел (А.Ф. Гордеев).

Одновременно совершенствуется структура исследовательских подразделений и экспериментальных стендов. В частности, создаются лаборатории теплофизики, гидравлики, трения и износа, электрических измерений, проблем прочности. Расширяется физическая лаборатория. Она оснащается критическими стендами с возможностью натурального моделирования и физических испытаний активных зон водородных реакторов. В 1964 г. образована лаборатория для отработки технологии жидкоталлических теплоносителей и испытаний обо-

рудования, работающего в среде натрия и тяжелых металлов. Создаются уникальные натриевые стенды, на которых проводятся натурные испытания оборудования для реакторов на быстрых нейтронах. В 1967 г. пущен первый теплофизический стенд для экспериментального обоснования теплотехнической надежности активных зон транспортных реакторов. В 1968 г. образуется лаборатория по испытанию парогенераторов, на стендах которой проходят экспериментальную отработку и межведомственные (сдаточные) испытания все созданные в ОКБ парогенераторы. Первый парогенератор ОКБМ, выполненный из титанового сплава, был сдан МВК в 1972 г. и рекомендован в серийное производство, а в 1973 г. успешно прошла межведомственные испытания усовершенствованная трубная система парогенератора принципиально нового типа для транспортных ЯППУ.

Большую роль в развитии экспериментальной базы сыграло сооружение нового стендового корпуса (1964 г.), котельной высокого давления, обеспечивающей подачу на стенды пара необходимых параметров. В результате уже в 1970 г. ОКБМ обрело способность самостоятельно проводить испытания практически всех видов оборудования и систем разрабатываемых реакторных установок.

К этому времени изготовление и монтаж экспериментальных стендов, так же как изготовление опытных образцов оборудования, надежно обеспечиваются силами опытного производства ОКБМ. В 60—70-е годы оно непрерывно пополняется новым станочным оборудованием, осваиваются новые технологические процессы, создаются специализированные производственные участки. Возможности опытного производства ОКБМ существенно возрастают с вводом в строй в 1968 г. нового крупного механосборочного цеха. Становится возможным изготавливать более сложные стенды и опытные образцы, а также расширять номенклатуру серийных изделий, поставляемых на действующие объекты. Монтаж и наладка их на объектах проводятся силами рабочих и специалистов ОКБМ.

Своим становлением и ростом ОКБМ во многом обязано большому вниманию и поддержке со стороны руководителей государства и правительства, Министерства среднего машиностроения. Так, с делами ОКБ в разные

годы знакомились партийно-государственные лидеры страны Н.С. Хрущев, Л.И. Брежнев (январь 1967 г.), Ю.В. Андропов (февраль 1980 г.). В период 1948—1952 гг. часто посещали ОКБ первый заместитель председателя Госплана СССР В.М. Рябиков, нарком (позднее — министр) оборонной промышленности Д.Ф. Устинов, в последующие годы здесь неоднократно бывали председатель Государственного комитета СССР по использованию атомной энергии А.М. Петросьянц, главком ВМФ С.Г. Горшков и др.

Глубокий след в судьбе ОКБМ и самую благодарную память оставил о себе министр среднего машиностроения Ефим Павлович Славский. Со свойственным ему вниманием к мелочам он глубоко вникал в проблемы ОКБ, очень энергично, с большой широтой и размахом решал вопросы развития организации, как производственные, так и социальные. Всегда эффективным и доброжелательным было взаимодействие ОКБ с аппаратом управлений Минсредмаша, который в разные годы возглавляли выдающиеся организаторы атомной промышленности и энергетики: А.Д. Зверев, Н.А. Николаев, А.Г. Мешков, Л.Д. Рябев, В.Ф. Коновалов, Б.П. Папковский и другие.

В СОЮЗЕ С НАУКОЙ

Вся деятельность ОКБ, начиная с первых его изделий, была теснейшим образом связана с наукой. Это было обусловлено необходимостью анализа сложных физических процессов и явлений, учета малоизученных эксплуатационных факторов, влияющих на конструкцию и работоспособность разрабатываемых изделий. Уже при создании первых диффузионных машин конструкторам ОКБ пришлось столкнуться с малоизученными вопросами газодинамики сверхзвуковых потоков, устойчивости параллельно работающих каскадов, уплотнения валов высокооборотных компрессорных машин и т. п. в условиях глубокого вакуума и коррозионно-агрессивной рабочей среды. Создание ядерных реакторов и оборудования для них потребовало глубокого проникновения в реакторную физику, теплофизику и гидродинамику, учета таких новых для машиностроительных конструкций факторов, как радиация, изменение свойств материалов, термоциклические нагрузки и т. д. Новые конструкции соз-

давались, как правило, при отсутствии аналогов и проверенных методик расчетного анализа, при дефиците информации о действии факторов, влияющих на поведение узлов механизмов и оборудования. В этих условиях необычайно возрастает значение эксперимента и расчетного обоснования разрабатываемых конструкций, роль инженера-расчетчика в процессе их создания.

В период становления ОКБ его расчетчики составляли самую немногочисленную часть коллектива создателей новой техники. Они занимались обслуживанием текущих потребностей производства, прикладными инженерными задачами, связанными с проведением испытаний разрабатываемых конструкций и выполнением относительно несложных проектных расчетов. Собственно «наука», т. е. сложные физические, газодинамические, теплофизические и т. п. расчеты и исследования делались силами институтов, осуществлявших научное руководство той или иной проблемой. Они разрабатывали и помогали осваивать в ОКБ методики расчетов, предоставляли необходимые для инженерных оценок зависимости и исходные данные, нередко непосредственно участвовали в проведении проектных расчетов, экспериментов и испытаний.

В 1949 г. в ОКБ образуются первые расчетные группы (бюро) во главе с В.М. Карабановым и А.И. Макаровым. Они пополняются квалифицированными специалистами, пришедшими из ОКБ авиационного завода. Первая из этих групп «обслуживала» диффузионное направление работ ОКБ и занималась главным образом расчетами аэродинамики компрессорных машин, электрическими, прочностными и тепловыми расчетами узлов этих машин. Ведущими расчетчиками здесь были С.В. Ефимов, В.С. Иванов, Р.М. Альтерман, В.П. Пантелеева, В.П. Кудрявцева и др. Группа А.И. Макарова вела реакторное направление, выполняя необходимые прочностные и теплотехнические расчеты. Здесь в тот период трудились В.Н. Трифионов, Н.В. Калинина, Г.А. Бронникова, П.И. Обухов, Р.В. Строкина, Е.А. Дунцева, Н.П. Ламзилова, П.И. Родин, А.А. Лисенков и др. Расчетные группы постепенно пополняются квалифицированными специалистами других предприятий, выпускниками Горьковского государственного университета и других вузов страны. Так, в 1950 г.

в отдел В.М. Карабанова прибыл по распределению выпускник Саратовского университета, физик по специальности, Ф.М. Митенков — будущий академик, генеральный конструктор ОКБМ.

Огромную роль в повышении научной квалификации расчетчиков ОКБ сыграли частые рабочие контакты с крупными учеными, сотрудниками институтов АН СССР и отраслевых НИИ. В ОКБ неоднократно бывали в командировках, особенно на первых этапах работ, академики А.П. Александров, А.И. Алиханов, И.К. Кикоин, С.Л. Соболев, член-корр. АН СССР М.Д. Миллионщиков и А.И. Лейпунский. Академик А.П. Александров стал, по существу, постоянным научным куратором ОКБ. Он лично «вел» от начала до конца транспортное направление работ ОКБ, во многом способствовал развитию и продвижению в жизнь разработок горьковчан, энергично поддерживал ОКБ в трудные и решающие моменты его истории. Кроме того, А.П. Александров серьезно помог формированию горьковской школы физиков-энергетиков в стенах ГИФТИ при Горьковском государственном университете. С этим институтом ОКБМ связывало многолетнее научное сотрудничество.

Постоянное общение с крупными учеными в процессе решения разнообразных задач проектирования и испытаний изделий было, особенно на первом этапе, бесценной школой для расчетчиков ОКБ. Вот как вспоминает о первых годах своей работы старейший инженер-расчетчик ОКБ Розалия Марковна Альтман: «Никто из нас не был специалистом в тех вопросах, для решения которых было создано ОКБ. Пришлось на ходу изучать газовую динамику, теплофизику, гидравлику и другие науки. Научное руководство осуществляла Лаборатория измерительных приборов Академии Наук СССР. Мне пришлось работать в тесном контакте с научными сотрудниками А.Г. Плоткиной и Е.М. Воиновым. Они проявляли к нам, рядовым инженерам, исключительное дружелюбие, щедро делились с нами своими знаниями, что способствовало нашему росту и быстрейшему решению поставленных задач.

В течение нескольких лет председателем комиссии по приемке наших машин был доктор технических наук, впоследствии вице-президент Академии Наук, М.Д. Миллионщиков. Во время испытаний мы, расчетчики, находились

на испытательных стендах, обрабатывали результаты. Михаил Дмитриевич проверял наши расчеты, графики, охотно разъяснял некоторые вопросы, возникавшие в ходе работы. Общаться с ним было приятно, ни в чем не чувствовалась разница в званиях и должностях. Это рождало к нему большое уважение, которое сохранилось на всю жизнь.

Для времени становления ОКБМ характерен огромный энтузиазм, с которым все мы работали, и руководители, и рядовые. Несмотря на то, что это были тяжелые послевоенные годы с карточной системой и другими последствиями войны, по окончании рабочего дня никто не уходил. Интенсивная работа продолжалась до позднего вечера. И так ежедневно в течение нескольких лет. С большим волнением мы ждали испытаний каждой нашей новой машины. Какую же радость ощущали все мы, когда испытания подтверждали правильность наших расчетов. Машина работала нормально и обеспечивала заданные параметры. Это было подлинное счастье для нас и большая награда за наш труд...»

Качественному и количественному росту расчетных служб ОКБ, повышению их «веса» в процессе создания изделий в немалой степени способствовало то обстоятельство, что главный конструктор И. И. Африкантов хорошо понимал важность экспериментального и научного обоснования разрабатываемых конструкций, всегда прислушивался к мнению расчетчиков. Будучи чрезвычайно загруженным вопросами организации производства и технической политики ОКБ, он, тем не менее, считал нужным самому заниматься наукой и оказывал содействие серьезной научной работе своих подчиненных. Он первым в ОКБ подготовил кандидатскую диссертацию, в которой обобщил опыт разработки узлов уплотнения вращающегося вала компрессорных машин большой мощности, и блестяще защитил ее в 1957 г. Учитывая высокий научный уровень диссертационной работы и ее исключительную практическую значимость, ВАК сочла возможным присвоить соискателю сразу ученую степень доктора технических наук. В 1958 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию Ф. М. Митенков, обобщив в ней опыт проектирования центробежных компрессоров диффузионных машин.

В 50-е годы, по мере расширения реактор-

ной тематики работ ОКБ, быстро растет круг вопросов проектирования, связанных с реакторной физикой, теплофизикой активных зон, биологической защитой. Одних консультаций московских физиков становится уже недостаточно. Все острее ощущается потребность в собственных специалистах этого профиля. ОКБ был необходим научный лидер, который мог бы взяться за новое дело самостоятельно физического обоснования разрабатываемых проектов реакторных установок. Главный конструктор поручает это дело Ф.М. Митенкову, выдвинувшемуся к тому времени благодаря глубоким знаниям физических процессов, склонности к научной работе и готовности осваивать новые области реакторной физики.

Процесс формирования группы физиков-реакторщиков был оформлен организационно в 1959 г. созданием расчетного отдела № 1 (начальник Ф.М. Митенков). Отдел пополнялся дипломированными инженерами-физиками и математиками, в основном выпускниками ГГУ и МИФИ. В начальный период ведущими расчетчиками этого отдела были: физики О.Б. Самойлов, В.А. Будников, А.П. Сергеев, биологическую защиту начинали считать Н.Д. Нестерова, Б.С. Кондратьев, А.Ф. Каракулин, теплофизику и гидравлику активных зон — Р.В. Строкина, Л.Н. Кутын, Л.Н. Полянин, Л.И. Ганин. Со второй половины 60-х годов отдел начинает пополняться выпускниками физико-технического факультета Горьковского политехнического института*, ставшего впоследствии основной базой подготовки кадров для ОКБМ. Основателями и первыми преподавателями этого факультета были И.И. Африкантов, Ф.М. Митенков, Е.Н. Черномордик, Н.М. Царев, М.В. Смирнов, А.И. Макаров, В.Я. Дунцев.

Значительное развитие получают в 60-е годы и другие направления расчетных работ. Рост многообразия и сложности разрабатываемых конструкций требовал углубленного расчетного анализа вопросов прочности, температурного состояния, переходных процессов и режимов работы ЯППУ. Соответственно углубляется специализация расчетных подразделений. Кроме отдела теплотехнических и гид-

равлических расчетов (начальник В.М. Карabanов), создается крупный отдел прочностных расчетов (П.И. Родин), отдел расчетов динамики ЯППУ (Б.И. Моторов).

Важной вехой в развитии расчетных исследований стало появление в ОКБ первых электронно-вычислительных машин (1962 г.) Дело в том, что углубление аналитического обоснования разрабатываемых в ОКБ проектов сопровождалось значительным ростом трудоемкости инженерных расчетов, выполнявшихся вплоть до начала 60-х годов исключительно с помощью логарифмической линейки. Приходилось наращивать многочисленный штат лаборанток-расчетчиц, выполнявших рутинные вычислительные операции по заданиям специалистов расчетных подразделений. Ограниченные возможности «ручного» счета все более серьезно сдерживали внедрение уточненных методов расчетного анализа, особенно в области реакторной физики, биологической защиты, динамики реакторных установок. Руководство ОКБ своевременно отреагировало на появление в стране ЭВМ. В 1961 г. по инициативе Ф.М. Митенкова была создана группа внедрения первой в ОКБ электронной цифровой вычислительной машины «Урал-2». Возглавил эту группу Л.Н. Коггин. В группу входили также В.В. Куликов, А.Н. Щедрин, А.М. Сыркина. Позднее к ним присоединились В. П. Черныш, Г. А. Пирог и др. В этот же период времени для решения задач моделирования работы ЯППУ была приобретена аналоговая вычислительная машина ЭМУ-10. Ее техническое обслуживание обеспечивали А.В. Мошанский, В.И. Жмуров, И.Н. Романов и др. Программированием задач на ЭВМ «Урал-2» и ЭМУ-10 занимались первые математики-программисты ОКБ, выпускники горьковских вузов В.С. Бояринов, Л. М. Горбунов, Н. Д. Горбунова, Р.Н. Павловская, В.Г. Курлов, Т.В. Гладкова, Р.В. Ганина, Н.И. Дементьева и др.

С конца 60-х годов расчетные отделы ОКБМ оснащаются ЭВМ нового поколения (М-220, М-222, «Минск», ЕС-1033, и другими), что позволяет быстро расширять сферу автоматизации решения инженерных задач. Значительно возрастают объем и глубина расчетного

* Физико-технический факультет ГПИ был образован распоряжением Совета Министров РСФСР от 22 сентября 1962 г. в значительной степени благодаря энергичной поддержке академика А.П. Александрова и настойчивости главного конструктора ОКБ И.И. Африкантова.

обоснования разрабатываемых проектов реакторных установок. В связи с ростом парка электронно-вычислительной техники в 1968 г. образуется специализированный отдел ЭВМ, который возглавил А. В. Мошанский.

Процесс насыщения электронно-вычислительной техникой и организационного совершенствования расчетных служб продолжается и с последующие годы. Набирающие силу расчетные службы ОКБ постепенно обретают способность самостоятельно решать все более широкий круг вопросов, включая те, которые до этого находились в компетенции институтов, осуществляющих научное руководство проектными работами. Однако при этом связи с ними не только не ослабевают, но все более расширяются, хотя уже на качественно новой основе углубленного научного партнерства. Большую помощь в научном становлении оказали физикам ОКБ ведущие ученые Института атомной энергии Н.С. Хлопкин, Г.А. Гладков, Б.Г. Пологих, Ю.В. Сивинцев и другие, сотрудники Физико-энергетического института М.Ф. Троянов, Б.Ф. Громов, Г.И. Тошинский, В.И. Матвеев и другие.

Многие годы ОКБ тесно сотрудничало с учеными Горьковского исследовательского физико-технического института при ПГУ, в котором в послевоенный период сформировалась научная школа академика А.Л. Андропова — основоположника теории нелинейных колебаний. Аналитические методы, разработанные в этом институте, широко использовались в проектных исследованиях динамики реакторных установок. Отметим, что расчетные и экспериментальные исследования динамики транспортных ЯППУ, проведенные в 60-е годы под руководством и при непосредственным участии Ф.М. Митенкова, имели большое научное и практическое значение. Они позволили всесторонне обосновать принцип саморегулирования, который нашел затем широкое применение в судовых и корабельных реакторных установках, разработанных ОКБМ. Эти исследования сыграли важную роль в разработке современных систем автоматического управления и защиты реакторов, при оптимизации принципиальных схем и режимов работы ЯППУ. Их результаты были обобщены в

докторской диссертации Ф.М. Митенкова (1967 г.), в ряде книг и статей, написанных им совместно с сотрудниками (Б.И. Моторовым и др.). В связи с ростом значимости расчетно-аналитических работ в деятельности ОКБМ, необходимостью проведения единой научно-технической политики и координации взаимодействия конструкторских, расчетных и исследовательских подразделений в 1967 г. вводится должность заместителя главного конструктора по науке. С 1967 по 1969 г. эту функцию выполнял доктор техн. наук Ф.М. Митенков*, а с 1969 г. и до настоящего времени — доктор техн. наук О.Б. Самойлов, внесший значительный вклад в разработку и совершенствование активных зон транспортных реакторов, а также в создание и реализацию современной концепции реакторов нового поколения.

Благодаря значительному развитию экспериментальной и теоретической базы ОКБМ, достигнутому в 60-е и 70-е годы, становится возможным выполнение собственными силами глубоких прикладных исследований, связанных с разработкой новых, перспективных типов транспортных и энергетических реакторов. Проведение «тонких» экспериментов по реакторной физике, теплофизике, прочности позволяет создавать уточненные методики расчетного анализа и, в конечном счете, разрабатывать все более совершенные конструкции тепловыделяющих сборок, активных зон и оборудования реакторов различных типов. Одновременно систематизируется сбор и анализ результатов эксплуатации изделий на действующих объектах. Количество их быстро растет, что позволяет накапливать статистику эксплуатационных событий, нарушений и отказов в работе оборудования, ошибок персонала. На этой основе углубляются работы по теоретическому анализу надежности элементов и конструкций, формируется научный подход к созданию оборудования с повышенной ресурсной надежностью.

В результате проведения целенаправленной научной политики ОКБМ уже в 70-е годы обеспечивает выполнение в основном собственными силами всего комплекса проектных расчетов в обоснование разрабатываемых конструкций. В последующие годы расчетно-ана-

* В 1979 г. Ф.М. Митенков был избран членом-корр. АН СССР по отделению механики и процессов управления, а в 1990 г. — действительным членом академии наук (ныне РАН).

литические и исследовательские подразделения активно участвуют в разработке концепции реакторных установок нового поколения, обеспечивают глубокое научное обоснование их безопасности и надежности.

Наиболее значительный вклад в расчетно-аналитическое обоснование изделий ОКБМ внесли: руководители расчетных подразделений Б.А. Авербах, В.А. Бабин, В.А. Будников, В.М. Будов, Г.Ф. Городов, В.В. Жуков, В.М. Карабанов, А.И. Кирюшин, О.Б. Клочков, Н.Г. Кузавков, В.С. Кууль, О.А. Морозов, Б.И. Моторов, П.И. Родин, ведущие специалисты-расчетчики В.М. Аношин, В.С. Восток, Л.А. Зверева, Б.С. Кондратьев, А.А. Лисенков, А.Н. Микишев, П.И. Обухов, Р.А. Песков, В.Ф. Петухов, Е.А. Помосов, А.В. Смирнов, В.А. Соболев, Р.В. Строкина, В.М. Чистяков, Б.И. Шейдин и другие.

ИДЕИ И РЕШЕНИЯ ДЛ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СЛЕДУЮЩЕГО СТОЛЕТИЯ

В 70-е годы благодаря целенаправленной и активной научно-технической политике руководства ОКБМ, напряженной работе коллектива и серьезной поддержке Министерства среднего машиностроения ОКБМ превращается в крупную многопрофильную проектно-конструкторскую организацию с высококвалифицированным коллективом конструкторов, расчетчиков, испытателей и технологов, с мощной экспериментальной и производственно-технической базой. Научно-производственный потенциал ОКБМ позволяет выполнять комплекс работ по созданию различных типов реакторных установок и всей гаммы оборудования для них, включая: проектирование (разработку КД, выполнение необходимых расчетов, НИР и ОКР), изготовление и испытания опытных образцов с отработкой промышленной технологии производства, авторское сопровождение в течение всего жизненного цикла изделий (изготовление и монтаж оборудования, пусконаладка, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонт и модернизация оборудования на действующих объектах, снятие с эксплуатации).

Уникальный инженерный опыт накоплен ОКБМ в области создания транспортных энергетических установок различного типа. Подавляющее число атомных подводных ло-

док и надводных кораблей ВМФ России оснащены ядерными реакторами, разработанными в ОКБМ. Известно, что по своему научно-техническому уровню российские корабельные реакторы не уступают аналогичным американским, а по мощности, компактности, массогабаритным характеристикам и эффективности заметно превосходят их. Надежно, безопасно и с высокой народно-хозяйственной эффективностью работают российские атомные ледоколы, оснащенные реакторными установками, разработанными ОКБМ. Их суммарная безаварийная наработка превысила к настоящему времени 140 реакторо-лет.

Создание реакторных установок для ледоколов стало, по-видимому, первым успешным примером конверсии советской военной промышленности. Самая современная технология, передовая инженерная мысль и высокая техническая культура были внедрены в сугубо мирную отрасль народного хозяйства — заплывной морской флот, дав в результате огромный экономический и социальный эффект. Развивая эти традиции, ОКБМ работает над созданием плавучей атомной электростанции, разрабатывает ряд проектов атомных станций малой мощности (от нескольких мегаватт до 200 МВт в одном блоке) для жизнеобеспечения изолированных потребителей в районах Крайнего Севера (производство электроэнергии, тепла для промышленных и бытовых нужд, опреснение морской воды).

ОКБМ настойчиво ищет и предлагает свои пути использования уникального научно-технического потенциала и передовой технологии корабельного реакторостроения для решения актуальной проблемы создания безопасной атомной энергетики России. В последние годы в ОКБМ разработана гамма проектов энергоблоков нового поколения повышенного уровня безопасности. Для них характерна интегральная компоновка основного оборудования реакторной установки в едином корпусе, широкое применение «пассивных» (самодействующих) средств обеспечения безопасности, высокий уровень самозащищенности от нарушений и аварий в процессе эксплуатации. Первый реактор с такими свойствами — АСТ-500 — был разработан ОКБМ во второй половине 70-х годов для теплоснабжения крупных городов. В нем впервые удалось практически исключить аварии с опасными радиационны-

ми последствиями, требующими защиты населения путем эвакуации. Этот реактор получил высокую оценку в ходе комплексной международной экспертизы безопасности Горьковской атомной станции теплоснабжения (1989 г.).

Дальнейшим развитием этого направления работ ОКБМ стал проект энергоблока средней мощности ВПБЭР-600 для АЭС нового поколения. В нем удалось системно воплотить современную концепцию реакторов с внутренне присущей безопасностью и новые инженерные идеи в области пассивных систем безопасности. Проект базируется на технологиях освоенного производства и отработанных технических решениях, подтвержденных опытом эксплуатации действующих реакторных установок. Для комплексного экспериментального обоснования реакторных установок интегрального типа создан и в конце 1995 г. введен в строй крупномасштабный прототип — стенд КВ-2 (г.Сосновый Бор, Ленинградская обл.)

В течение последних 20 лет в ОКБМ получили значительное дальнейшее развитие работы по энергетическим реакторам на быстрых нейтронах. Осуществлялось авторское сопровождение действующих реакторов БН-350 и БН-600, эксплуатация которых убедительно подтвердила правильность выбранных технических решений, обеспечивших длительную надежную и безопасную работу этих реакторов. В ходе их эксплуатации выполнен большой объем работ по модернизации активных зон (значительно увеличена глубина выгорания ядерного топлива), совершенствованию режимов эксплуатации, повышению безопасности и экономичности. Отметим, что первый из этих реакторов уже выработал свой проектный ресурс, а второй неизменно входит в число лучших энергоблоков российских АЭС по показателям эксплуатационной надежности и радиационной безопасности. На основе опыта создания и эксплуатации указанных реакторов в 80-е годы в ОКБМ был разработан и запущен в производство усовершенствованный быстрый реактор для энергоблоков АЭС единичной электрической мощностью 800 МВт. Было начато строительство головных реакторов БН-800 на Южно-Уральской и Белоярской АЭС. В соответствии с новым порядком принятия решений по строительству АЭС проект Южно-Уральской станции первым в стране прошел комплексную государственную эколо-

гическую экспертизу, по результатам которой был признан соответствующим современным нормам и требованиям безопасности и рекомендован к продолжению строительства. Успешная эксплуатация реактора-прототипа БН-600 и положительные результаты выполненных экологических экспертиз дают основание для продолжения приостановленных программ сооружения энергоблоков БН-800 на Южно-Уральской и Белоярской АЭС.

Работы последних лет по проектам усовершенствованных быстрых реакторов позволили раскрыть большие возможности реакторов этого типа в достижении высоких показателей безопасности и экономичности производства электроэнергии, сравнимых с характеристиками усовершенствованных блоков АЭС с водяными реакторами. При этом быстрые реакторы сохраняют свой уникальный потенциал по расширенному воспроизводству ядерного топлива, что позволяет рассматривать их как неотъемлемую часть крупномасштабной атомной энергетики следующего столетия. Проявленный в последние годы международный интерес к опыту ОКБМ по созданию реакторов на быстрых нейтронах является достаточно убедительным свидетельством мирового признания отечественных достижений в этой важной области реакторостроения.

В последнее время привлечено внимание к многообещающим возможностям использования быстрых реакторов для выжигания долгоживущих радионуклидов (наиболее опасной части радиоактивных отходов ядерной энергетики) и плутония, образующегося в результате демонтажа ядерного оружия. Обе эти задачи, как известно, относятся к числу глобальных проблем ядерной безопасности, с которыми человечество входит в XXI век. Соответствующие исследования и инженерные проработки ведутся в ОКБМ совместно с учеными Физико-энергетического института.

С середины 70-х годов в ОКБМ выполнен также большой объем работ по другому перспективному направлению реакторостроения — высокотемпературным реакторам с гелиевым теплоносителем. Их главная особенность — в уникальном уровне рабочих температур теплоносителя, который достигает 1000 °С. Высокий температурный потенциал такого реактора открывает совершенно новые возможности для использования ядерной

энергии в промышленных технологиях помимо выработки электричества. В работах ученых ИАЭ им. И.В. Курчатова, с которыми ОКБМ работает по этому направлению обоснована перспективность применения реакторов указанного типа в качестве источников тепла в таких энергоемких производственных процессах, как глубокая переработка нефти, нефтехимия, производство аммиака, водорода, синтетического топлива и т. д. В ОКБМ разработаны несколько проектов высокотемпературных реакторов для применения как на АЭС, так и в составе различных энерготехнологических установок. Построен ряд экспериментальных стендов, на которых проведен комплекс научных исследований и испытаний в обоснование проектных решений. Свидетельством признания достигнутого уровня работ в этой области стало привлечение ОКБМ к участию в совместном российско-американском проекте по созданию первого в мире реактора с прямым газотурбинным циклом. Такой реактор даст возможность наиболее эффективно выжигать оружейный плутоний, преобразуя его энергию в электричество с максимальным термическим КПД.

В 1988 г. руководитель ОКБМ Ф.М. Митенков назначается генеральным конструктором. Это дало ОКБМ новые возможности по расширению круга решаемых задач. Оно берет теперь на себя не только функции главного конструктора реакторной установки, но и задачи головного разработчика энергоблоков атомных станций, осуществляет координацию работ всех организаций, участвующих в разработке АЭС, АТЭС и атомных станций теплоснабжения с реакторными установками ОКБМ. Проведение единой научно-технической политики на всех этапах создания атомных станций призвано поднять в целом уровень качества, надежности и безопасности ядерной энергетики близкого будущего.

ОКБ МАШИНОСТРОЕНИЯ В НАШИ ДНИ

ОКБМ сегодня — это, в первую очередь, крупная инженерная и производственная школа создания сложных наукоемких технических проектов. Главный потенциал ОКБМ — это кадры, владеющие богатым опытом создания широкой гаммы изделий атомного машиностроения, уникальными технологиями, оригинальными инженерными идеями и решениями.

Среди сотрудников ОКБМ 12 докторов технических наук, 56 кандидатов наук, 6 профессоров. Специалистами ОКБМ создано около 1400 изобретений. Многие разработки ОКБМ выполнены на мировом научно-техническом уровне или превосходят его.

Научно-исследовательский сектор ОКБМ располагает комплексом уникальных экспериментальных стендов, в том числе высокотемпературным гелиевым стендом мощностью 15 МВт для испытания парогенераторов и теплообменного оборудования на газовом теплоносителе, стендом для испытания водяных парогенераторов мощностью 50 МВт, стендом, моделирующим первый контур интегрального реактора для исследования процессов теплофизики, гидродинамики и вопросов безопасности реакторов нового поколения. Это подразделение аккредитовано на право проведения сертификационных испытаний энергетического и общепромышленного оборудования. Весь этот научный и инженерный потенциал предстоит сохранить и приумножить в интересах дальнейшего развития российской атомной энергетики.

Подводя итоги сделанного ОКБМ за прошедшие 50 лет, можно с полным основанием сказать, что мечта главного конструктора И.И. Африкантова «... сделать ОКБ ядром крупнейшего в СССР ОКБ или НИИ по атомной энергетике» сбылась. К сожалению, самому Игорю Ивановичу не дано было дожить до расцвета своего детища, становлению и развитию которого он отдал весь свой незаурядный талант конструктора, организатора и руководителя. Ранний уход его из жизни (в возрасте 53 лет) конечно же был связан с огромным напряжением в его работе, перипетиями борьбы за самостоятельность ОКБ и реализацию его разработок. Но память об этом выдающемся конструкторе и замечательном человеке воплощена сегодня в многочисленных ядерных реакторах, движущих могучие атомные ледоколы, боевые корабли, энергоблоки атомных станций. Она хранится в традициях ОКБМ, которые были развиты и воплощены в новых конструкциях следующим поколением руководителей и сотрудников организации. Здесь следует особо подчеркнуть роль генерального конструктора академика Ф.М. Митенкова, который в течение последних 27 лет возглавляет

ОКБМ, фактически является научно-техническим руководителем всех работ, выполняемых в ОКБМ, целиком определяет стратегию и практику развития организации. Невозможно переоценить роль Ф.М. Митенкова в повышении научного уровня и инженерной культуры выполняемых работ, в воспитании квалифицированных кадров специалистов.

Эти воспоминания — дань памяти первому поколению сотрудников ОКБ, так много сделавших для создания атомной промышленности и энергетики России. Всех их отличала исключительная преданность делу и долгу, беззаветное служение Родине. У них не было легких задач и простых решений. Все изделия ОКБ — это плод мучительных поисков, творческого горения, индивидуальных озарений и коллективных усилий в решении проблем создания новой техники, тесной связи с наукой и производством. В условиях жесткого режима, вечной срочности поставленных задач, объективных трудностей технического и человеческого плана в коллективе ОКБМ никогда не угасал

творческий трудовой накал, сознательное заинтересованное отношение к делу. Здесь всегда находились люди, мыслящие по-инженерному смело, оригинально и перспективно, работающие вдохновенно, с большим напряжением и самоотдачей. В этом был главный секрет рождения удивительных решений, которым не было равных в мире.

Сотрудники, внесшие самый значительный вклад в создание изделий ОКБМ, отмечены званиями «заслуженный ветеран ОКБМ» и «почетный ветеран ОКБМ». Вот их имена:

И.И. Африкантов, П.И. Грязнов, И.И. Жучков, В.А. Иванов, Д.В. Каганов, В.М. Карабанов, Ю.Н. Кошкин, Ю.А. Лебедев, В.К. Лешуков, С.И. Майзус, А.И. Макаров, В.А. Маламуд, Ф. М. Митенков, З. М. Мовшевич, Э.Г. Новинский, Г.Ф. Носов, Г.В. Ордынский, Ю. К. Панов, В. В. Пахомов, Н. И. Савин, О.Б. Самойлов, П.П. Семин, М.В. Смирнов, Л.П. Смирнов, В.Н. Солонov, В.Н. Трифонов, Н.М. Царев, Е.Н. Черномордик, А.М. Шама-тов, В.Н. Шаронов, В.И. Ширяев.

ЦКБМ за 50 лет

*Е.Н. Соколов, В.И. Сергеев, Г.Н. Новиков, О.М. Плотников, Л.М. Слепов,
В.Н. Габрусев, В.А. Щеголев*

Создание газовых центрифуг. Успешная работа газодиффузионных заводов по обогащению урана не могла закрыть глаза специалистам отрасли на принципиальные недостатки газодиффузионного метода обогащения урана, заключающиеся в высокой энергоёмкости метода (3600–3800 кВт · ч/ЕРР) и малых практических коэффициентах разделения на одной разделительной ступени.

В связи с этим в СССР в 1952 г. начались работы над центробежным методом обогащения урана, свободным от упомянутых недостатков. Постановлением Правительства на Особое конструкторское бюро Ленинградского Кировского завода (ОКБ ЛКЗ) возлагалась задача по созданию промышленной газовой центрифуги. При этом предполагалось использовать опыт группы специалистов, работавших в НИИ-5 (Сухуми) под руководством немецкого доктора Штеенбека и занимавшегося в течение нескольких лет разработкой газовой центрифуги с гибким многозвенным ротором. После выхода постановления Правительства основной состав группы доктора М. Штеенбека перевели в ОКБ ЛКЗ. В начале 1953 г. по схеме НИИ-5 изготовили два агрегата. Однако эти агрегаты даже не использовались, так как к этому времени всем, включая доктора Штеенбека, стало ясно, что такая конструкция непригодна для промышленного применения.

Параллельно группа специалистов ОКБ ЛКЗ (В.И. Сергеев, Х.А. Мурынсон, П.Ф. Василевский, Ю.А. Ушаков и др.) начала разработку конструкции газовой центрифуги с жестким ротором. Как часто бывает, новое с большим трудом пробивало себе дорогу. Не миновало этого и становление центробежного метода разделения изотопов урана в ОКБ ЛКЗ, где многие, в том числе и большинство руководящих работников ОКБ и завода, смотрели на это направление работ как на совершенно бесперспективное. Этому способствовало также и то обстоятельство, что такие промышленно развитые

страны как США и Англия, встретившись с большими техническими трудностями при разработке центробежного метода разделения изотопов урана и не преодолев их, перешли на энергоёмкий, но более простой в техническом отношении газодиффузионный метод. И только энергичная поддержка начальника 4 Главного управления Минсредмаша А.Д. Зверева и главного конструктора ОКБ ЛКЗ Н.М. Синева позволила этой небольшой группе специалистов вести эти работы.

В апреле 1953 г. на основании первых опытных работ директор Кировского завода Н.И. Смирнов и главный конструктор ОКБ Н.М. Синев направили начальнику ПГУ А.П. Завенягину письмо, в котором предлагалось прекратить работы над газовыми центрифугами НИИ-5 и все усилия сосредоточить на разработке конструкции газовой центрифуги с жестким ротором, предложенной ОКБ Кировского завода. Это предложение было принято, и уже через несколько дней было дано указание ускорить работы по центробежному методу в новом направлении. Научное руководство работами по центрифугам в ОКБ ЛКЗ поручили осуществлять вначале академику Б.П. Константинову, а в конце 1954 г. академику И.К. Кикоину. В это же время к работам по центробежному методу активно подключились коллективы Института атомной энергии (ИАЭ), Комбината № 813, Уральского электро-химического комбината (УЭХК) и ГСПИ-11 (ВНИПИЭТ).

В 1954 г. основные элементы конструкции опытной газовой центрифуги ОКБ ЛКЗ изготовили и испытали, что позволило перейти к изготовлению опытной партии газовых центрифуг. Положительные результаты испытаний подтвердили правильность избранного направления и позволили принять решение о строительстве опытного завода и изготовлении для него на ЛКЗ 2500 газовых центрифуг.

Во второй половине 1956 г. на ЛКЗ органи-



Ведущие специалисты ЦКБМ (ОКБ ЛКЗ) Лауреаты Ленинской и Государственной премий
Сидят: П.М. Удовиченко, П.В. Дудченко, П.З. Черепанов, М.И. Счисляев, Н.Д. Сологубов,
 А.И. Сафронов, Н.В. Федоров, В.Я. Черный.

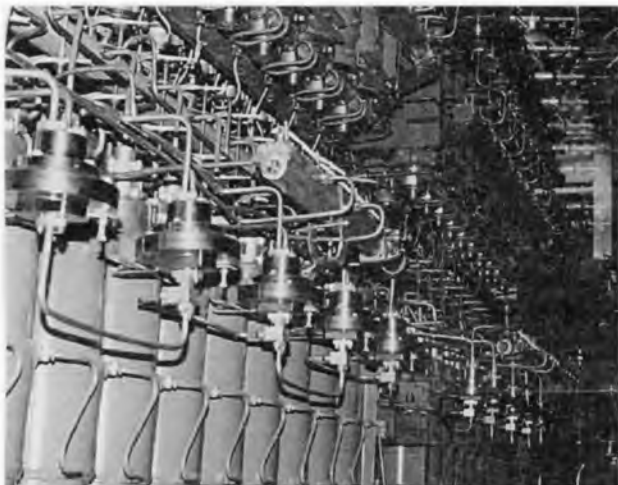
Стоят: О.Д. Цимбалист, Н.А. Сорокин, С.А. Лукин, М.И. Бариненков, Э-С.А. Аркин,
 Г.С. Мишин, Г.В. Кудрявцев, И.К. Попов.

зовали производство этих машин. Опытный завод предусматривалось комплектовать газовыми центрифугами нескольких модификаций с целью их сравнительной оценки при последующей эксплуатации.

Проектным институтом ВНИПИЭТ совместно с ОКБ ЛКЗ и УЭХК разрабатывались схемы каскадирования газовых центрифуг в технологической цепочке опытного завода, откатные и сбросные линии системы аварийной защиты, энергоснабжения, охлаждения и многие другие устройства. Все эти системы и устройства требовали создания специальных датчиков и исполнительных механизмов, которых не было не только в СССР, но и за рубежом. Разработка и производство датчиков, контрольно-измерительных приборов и автоматики были организованы в ИАЭ и на УЭХК, причем на УЭХК впоследствии это производство преобразовали в Приборный завод.

В 1956 г. началось сооружение опытного завода ГТ-1, спроектированного ВНИПИЭТ при участии УЭХК, ИАЭ и ОКБ ЛКЗ. Запуск и эксплуатация опытного завода были важными этапами в развитии центробежного метода, так как они определили решение вопроса о его промышленном внедрении.

Символично, что в день, когда был запущен первый искусственный спутник Земли (4 октября 1957 г.), произвели пуск опытного завода. После настройки системы технологического контроля и аварийной защиты и проведения других наладочных работ в январе 1958 г. завод вывели на рабочий расчетный режим (1500 кг ЕРР/год). При этом сразу же выявился ряд преимуществ центробежного метода разделения по сравнению с диффузионным — в 20 раз меньшее энергопотребление на единицу работы разделения и, как результат, в 2 раза меньшая стоимость единицы работы разделения. В



Газовые центрифуги

в начале 1958 г. была предложена конструкция агрегата, объединявшего 20 машин в единый блок, которая с небольшими изменениями использовалась и используется до настоящего времени в различных модификациях газовых центрифуг на ЛКЗ. Приемная комиссия Минсредмаша под председательством М.Д. Миллионщикова пришла к заключению о целесообразности широкого промышленного использования центробежного метода разделения изотопов урана.

В мае 1958 г. Научно-технический совет Минсредмаша, возглавляемый академиком И.В. Курчатовым на основании докладов научного руководителя проблемы академика И.К. Кикоина и главного конструктора ОКБ ЛКЗ Н.М. Синева принял решение, отмечающее, что создание конструкции газовой центрифуги и промышленное освоение нового высокоэкономичного метода разделения изотопов урана является крупным научно-техническим достижением Советского Союза и рекомендовал центробежный метод к широкому промышленному применению. По представлению Министерства среднего машиностроения Правительства СССР в 1958—1959 г. приняло постановления о развитии центробежного метода разделения изотопов урана, серийном производстве газовых центрифуг и строительстве заводов для разделения изотопов урана центробежным методом. В июне 1959 г. министерство утвердило документацию на серийную газовую центрифугу ВТ-3, а в 1960 г. началось ее серий-

ное производство. Успешному освоению в короткие сроки производства газовых центрифуг на заводах в значительной степени способствовало использование опыта производства газовых центрифуг на ЛКЗ и непосредственное участие в работах ведущих специалистов ОКБ ЛКЗ. Серийно выпущенные газовые центрифуги были установлены на первом заводе на УЭХК, который вводили в эксплуатацию тремя очередями с 1962 по 1964 гг. Необходимо отметить, что первые промышленные заводы на центробежной технологии в Англии, ФРГ, Нидерландах и Японии появились лишь 15-20 лет спустя.

При начавшемся серийном производстве газовых центрифуг расчетно-теоретические, опытно-конструкторские и экспериментально-исследовательские работы, проводимые ОКБ ЛКЗ и на других предприятиях, продолжали интенсивно развиваться. Это обеспечивало непрерывное совершенствование газовых центрифуг, находившихся в производстве, и создание новых высокопроизводительных типов центрифуг. Каждая новая модель центрифуги тщательно отрабатывалась перед ее запуском в серийное производство на опытно-экспериментальной базе предприятия (опытный цех, большие и малые стенды), которую возглавляли главный инженер Н.В. Федоров и заместитель главного инженера лауреат премии Совета Министров В.Ф. Рожков. В опытном цехе изготовляли узлы, одиночные и небольшие партии машин, а также оборудование для стендов. Весомый вклад в это внесли производственники, технологи, рабочие, создатели стендов Е. П. Сорокин, Ф.А. Михневич, А.Д. Анишин, Н.О. Волынкин, П.Н. Богданов, Ю.В. Тарамжинин, М.А. Столпер, Х.Я. Горбульский, Л.В. Доброхотов, Н.М. Снетков, А.И. Цыганков, П.Д. Емельянов, В.С. Терехов, К.Е. Матросов, Н.А. Кириченко, Г.Я. Горбульский, Ю.В. Сироткин, Л. К. Бугаев, А. А. Корпачев, В. С. Алексеев, В.Н. Щербаков и многие др.

Во время серийного производства, начиная с 1960 г., было разработано и внедрено в промышленную эксплуатацию пять поколений газовых центрифуг. При этом при практически не изменившихся массо-габаритных и энергетических показателях производительность газовых центрифуг увеличилась более чем в 4 раза, ресурсная надежность была повышена от 2 до 15 лет, а стоимость единицы работы разделения уменьшилась в несколько раз.

Повышение производительности газовых центрифуг достигалось, в основном благодаря разработке конструкции упрочненного стеклопластиком ротора и совершенствования технологии изготовления заготовок для вращающихся деталей ротора. Во всех модификациях газовых центрифуг сохранилась простота конструкции и взаимозаменяемость агрегатов по габаритам и местам подсоединения к газовым и водяным трассам, системам электроснабжения и контроля.

Переоборудование в период с 1962 по 1992 гг. разделительных заводов страны с газодиффузионной технологии на центробежную без строительства новых промышленных зданий увеличило разделительную мощность заводов в 2–4 раза и сократило общее потребление электроэнергии более чем в 12 раз. Это позволило стране не только обеспечить свои внутренние потребности в обогащенном уране, высвободить для нужд народного хозяйства сотни миллиардов киловатт-часов электроэнергии, но и выйти на международный рынок обогащенного урана и получить за услуги по обогащению миллиарды долларов США. Помимо успешного решения чисто экономических задач, замена газодиффузионного метода обогащения урана на центробежный коренным образом улучшила условия работы обслуживающего персонала и практически полностью исключила влияние оборудования на окружающую среду.

Одним из перспективных направлений развития центробежной технологии, ее «вторым дыханием», является разделение стабильных изотопов элементов, спрос на которые в науке, медицине, промышленности и в сельском хозяйстве постоянно растет. Эти работы начались в 1971–1972 гг. по инициативе и под руководством академика И.К. Кикоина. Разработка специального оборудования проводилась в ЦКБМ и в ОКБ ГМЗ. В ходе проведения работ разработчикам пришлось столкнуться с новыми явлениями в газовых центрифугах и каскадах, работающих на многоизотопных и легких газовых смесях. Это потребовало значительных усилий по уточнению теории процессов в центрифугах и каскадах и изменению конструкции газовой центрифуги. На базе промышленных газовых центрифуг для разделения изотопов урана разрабатывались и серийно изготавливались более 15 типов газовых центрифуг. На предприятиях отрасли были построены опытно-про-

мышленные и промышленные каскады таких газовых центрифуг, которые обеспечили потребности России в изотопах железа, никеля, олова, молибдена, вольфрама, криптона, ксенона, серы, кремния, селена, теллура и других элементов. В настоящее время имеется техническая возможность производить по центробежной технологии порядка 100 стабильных изотопов более чем 25 элементов.

В значительных объемах производятся изотопы и для мирового рынка. По оценкам зарубежных специалистов доля России в общемировом производстве изотопов является преимущественной. Следует отметить, что перспективность применения центробежного метода для получения стабильных изотопов в последнее время была воспринята и международным концерном ЮРЕНКО, который после разработки промышленных газовых центрифуг для разделения изотопов урана и постройки трех заводов в Западной Европе, начал опыты по разделению изотопов серы и ксенона на отдельных центрифугах и лабораторных каскадах. Наибольший вклад в освоение производства стабильных изотопов внесли А.К. Калитеевский, В.И. Сергеев, А.Н. Коротков, Н.П. Глухов, В.В. Кураев, О.Н. Годисов, П.К. Шепелев, Р.Д. Смирнов, Б.В. Тютин и др.

Создание высоконадежных газовых центрифуг и промышленное освоение на их основе центробежного метода разделения изотопов урана, впервые в мировой практике осуществленное в нашей стране, является ее крупным научно-техническим достижением. При разработке и освоении центробежного метода разрешены многие научные и технические проблемы, которые являлись новыми не только для отечественной науки, но и не имели прецедентов по их решению в мировой практике. Новизна решенных вопросов частично может характеризоваться количеством изобретений, связанных с освоением центробежного метода. Только сотрудниками ОКБ ЛКЗ — ЦКБМ получено более 240 авторских свидетельств на изобретения.

За разработку оборудования для промышленного центробежного метода обогащения урана, внедрение его в производство и эксплуатацию большая группа работников ОКБ ЛКЗ — ЦКБМ была удостоена почетных званий и правительственных наград. Звание Герой Социалистического Труда присвоено П.З. Черепанову и В.И. Сергееву.

Звания лауреат Ленинской премии были удостоены П.Ф. Василевский, А.Н. Коротков, Г.В. Кудрявцев, Г.С. Минин, И.Н. Минко, Х.А. Муриinson, А.И. Сафронов, С.А. Сахарников, В.И. Сергеев, Н.Д. Сологубов, М.И. Счислаев. Звания лауреат Государственной премии удостоены А.А. Белимов, А.С. Дорогобед, В.Д. Красильников, Н.М. Синева, В.И. Сулягин, Ю.А. Ушаков, А.М. Федоров. Звания лауреат премии Совета Министров удостоены И.М. Белоусов, С.И. Бурдо, В.Г. Варава, И.Я. Винц, В.П. Гаретовский, О.Л. Григорьев, В.Б. Липкин, А.В. Лихачев, С.А. Мушкетов, А.Г. Привалов, О.Д. Саблин, В.Л. Савельев, Н.И. Тюрин, Б.Г. Фирсов.

Большую роль в разработку газовых центрифуг внесли В.И. Богданов, Г.Н. Худницкий, В.В. Кураев, В.А. Савочкин, Б.В. Тютин, Г.А. Тельпт, Б.И. Кантин, Н.П. Глухов, Н.А. Чернозубова, А.В. Алексеев, А.К. Калитевский, В.Л. Савельев, Д.И. Телегин, В.В. Яковлев, Р.Т. Тектилов, П.С. Росляков, В.П. Лисейкин, А.Г. Привалов, В.И. Кирышкин, Л.В. Гурьев, П.С. Корнев, Д.А. Ширяев, В.С. Винокуров, Е.В. Носов и др. В разработке коммуникаций и компоновочных решений активно участвовали конструкторы И.С. Стогов, Н.А. Барсов, Е.А. Слезкин, В.Д. Мордасов и многие другие.

Транспортальная АЭС ТЭС-3. В конце 1956 г. главный конструктор ЦКБМ Н.М. Синева и директор ФЭИ А.К. Красин внесли предложение, которое получило поддержку министра и одобрение правительства, о создании транспортальной АЭС для удаленных и труднодоступных районов. Главная проблема заключалась в том, чтобы разместить все оборудование АЭС на самоходных платформах, что обеспечивало доставку в любой район, а после отработки кампании активной зоны — перебазирование без разгрузки реактора на специализированное предприятие. С учетом условий перевозки по железным и автомобильным дорогам общий вес оборудования АЭС на одной платформе не должен был превышать 45 т при нормативных для дорог ограничениях габаритов. Заданная электрическая мощность — 1500 кВт. Для этого была принята известная двухконтурная схема с водо-водяным реактором. Транспортальная АЭС размещалась на четырех самоходных платформах на гусеничном ходу: на первой — реактор с радиационной защитой, ко-

торая обеспечивала возможность транспортирования, на второй — парогенераторы, насосы первого контура, компенсаторы объема, радиационная защита и установка подпитки, на третьей — турбогенератор с обеспечивающими системами, на четвертой — системы управления и пультовая. Разработка получила наименование ТЭС-3. Время, прошедшее от технического предложения до момента ввода АЭС в эксплуатацию, составило 5 лет. В 1961 г. на специально подготовленной площадке в Обнинске ТЭС-3 была запущена и подключена к сети Мосэнерго и безаварийно отработала в режиме опытной эксплуатации около четырех лет.

Интересными техническими решениями, позволившими удовлетворить исключительно жестким весовым требованиям, можно считать:

конструкцию крышки реактора, которая допускала поканальную перегрузку без разуплотнения главного разъема;

конструкцию транспортной радиационной защиты реактора, которая обеспечила безопасность от продуктов деления и от наведенной активности конструкционных материалов;

применение паровых компенсаторов объема, в отличие от используемых до этого газовых.

Работу возглавляли непосредственно главный конструктор Н.М. Синева и его заместитель Н.В. Федоров. Научное руководство от ФЭИ осуществлял Ю.А. Сергеев.

Руководителями разработок систем являлись М.А. Коптев (реактор), Н.И. Иголкин, Х.Я. Горбульский, А.П. Котов, Ю.В. Дудников, О.И. Блохин, В.Я. Черный. Старшим инженером проекта был В.Н. Габрусев. Большую работу провели конструкторы-разработчики Ф.И. Бажан, А.В. Смирнов, Р.Ф. Некрасова, Л.К. Гриднев, Н.И. Лещев, Ю.К. Вишняков, В.П. Никитин, Б.Г. Оглоблин, И.И. Самыгин, Г.А. Лисочкин. Авторский надзор при испытаниях возглавлял А.Б. Столыпин. Сборочно-монтажными работами руководили И.Ф. Бычков и З.И. Сулханьянц.

Работа над ТЭС-3 стала отправным моментом в нашей стране и за рубежом в стремлении создать надежную и безопасную «малую» ядерную энергетику.

Создание установки «Топаз-2». С развитием космических систем возник интерес к использованию атомной энергии для создания источников электропитания космических аппаратов.

В 60-х годах появился конкретный заказ на создание ядерной энергетической установки для системы спутникового телевидения и глобальной космической связи. Подобная установка была создана на основе термоэмиссионного метода преобразования энергии под индексом «Енисей» (или в другом варианте «Топаз-2»). Ее наземные прототипы прошли весь комплекс испытаний и показали, что она удовлетворяет требованиям задания. Неоднократно в наземных ядерных испытаниях подтверждался требуемый длительный ресурс. К сожалению новые тенденции в общественной жизни, а также новые технические требования не позволили довести работу до конца. Тем не менее работа являлась необходимым этапом в создании новых источников энергии для космоса. Эти разработки пробудили интерес к термоэмиссионному направлению у иностранных фирм, которые считали, что отстают от уровня достигнутого в нашей стране на 10–15 лет. Столкнувшись с большими техническими проблемами, за рубежом прекратили эти работы.

В 1991 г. был заключен контракт с американским заказчиком, по которому российская сторона обязалась провести демонстрационные энергетические испытания ЯЭУ «Топаз-2» в Альбукерке (США). Важные этапы этой работы успешно завершены.

Разработка ЯЭУ «Енисей» проводилась в большой кооперации. Научное руководство осуществляли ИАЭ им. Курчатова и Подольский научно-исследовательский технологический институт. В процессе работы получено много оригинальных технических решений. Электрогенерирующий канал одноэлементного типа позволил обеспечить удаление из топливной композиции газообразных продуктов деления без загрязнения межэлектродного зазора. Это значительно уменьшило распухание твэл и увеличило ресурс в несколько раз. Эта же особенность электрогенерирующего канала позволила вести наземную отработку установки с заменой ядерного топлива на электрические нагреватели. Исключительно важно, что каждая установка на заключительном этапе производства проходила электроэнергетические испытания с подтверждением основных параметров. Это позволяло осуществить комплексный контроль необходимой надежности установки. Уникальный цезиевый питатель создавал рабочую среду в межэлектродном пространстве преобразовате-

ля. Тогда же впервые применили специальное покрытие — гидрид циркония — для удержания водорода при высоких температурах и удачно реализовали идею теневой радиационной защиты. Работа велась под руководством заместителя главного конструктора, канд. техн. наук В.П. Никитина, которого в 1980 г. назначили начальником и главным конструктором ЦКБМ. Затем работу возглавил заместитель начальника и главного конструктора, канд. техн. наук Б.Г. Оглоблин. Научное руководство осуществляли академик Н.И. Пономарев-Степной (ИАЭ) и академик Грузинской АН И.Г. Гвердцители (ЦНИТИ). Главным конструктором разработки ЭГК был докт. техн. наук Ю.В. Николаев (ПНИТИ). Разработкой основных систем руководили Ю.К. Вишняков, Н.И. Иголкин, В.Н. Габрусев, Н.И. Лешев, Л.К. Гриднев, И.Н. Минко. За испытания отвечали Е.И. Лутов, С.Н. Галкин, О.И. Блохин, В.Г. Синкевич, Ю.Ф. Прошин, В.В. Фомичев. Большой вклад в разработку конструкции внесли работники ЦКБМ А.В. Смирнов, Р.Ф. Некрасова, И.А. Дорф-Горский, А.Н. Луппов, Б.Г. Казеннов, Г.А. Лисочкин, Г.Ф. Митрофанов, Г.П. Данилов, Д.П. Шумов, П.С. Матвеев, А.И. Шалаев, Е.Н. Соколов, А.В. Климов, А.А. Пташников, А.Ф. Бочаров, В.Г. Васенович, Е.Я. Кириллов, В.Н. Андрианов, А.А. Ельчанинов, А.М. Свищев, В.Е. Скобелев, В.И. Иванов, С.П. Ящук, В.Г. Белоусов, А.А. Каширин и др.

Для отработки узлов и изделия была необходима экспериментальная база, десятки сложных стендов, а также модернизированные стенды для ядерных испытаний в ИАЭ и НИПП. В этой большой работе активное участие принимали главный инженер А.И. Гринченко, его заместители В.Ф. Рожков, И.А. Захаров, разработчики стендов М.А. Столпер, Х.Я. Горбульский, Г.Я. Горбульский, Ю.В. Сироткин, В.В. Антипов, производственники Г.Ф. Соловьев, Б.Н. Груздев, Л.К. Бугаев, В.А. Канарейкин, Н.И. Цабунин, В.И. Оводовский, П.П. Скрипников и др. Один из уникальных стендов «Байкал-3» был приобретен США, смонтирован сотрудниками ЦКБМ и запущен в эксплуатацию в Альбукерке для испытаний изделия «Топаз-2».

Насосы для ядерных энергетических установок. Постановлением правительства и приказом Министра транспортного машиностроения в конце 1952 г. начали работы по созданию специального оборудования для атомных

подводных лодок. ОКБ ЛКЗ, возглавляемому в то время Н.М. Синевым, поручили создать главные циркуляционные и вспомогательные насосы для осуществления циркуляции теплоносителя первого контура атомных паропроизводительных установок подводных лодок, а также разработать специальные приводы для системы управления и защиты реактора. Общее научное руководство осуществлял академик А.П. Александров. Проектирование насосов велось при полном отсутствии отечественного опыта и зарубежной информации об этих работах. Конструкция насосов должна была обеспечить:

полную герметичность (отсутствие протечек активной воды первого контура) в условиях действия больших давлений (25 МПа) и температур до 350 °С;

антикоррозионную стойкость к межкристаллитной коррозии, применяемых в конструкции материалов (отсюда потребность создания новых марок сталей);

длительную надежную работу в условиях полного или крайне ограниченного доступа к насосам и т. д.

Для осуществления работ по созданию герметичных насосов в составе ОКБ ЛКЗ организовали конструкторское бюро и создали лабораторию для испытаний и доводки. В качестве прототипа бессальникового герметичного насоса в 1953 г. был разработан и изготовлен стационарный вариант (ЦЭН-602), на котором проверялась конструктивная схема насоса и проводилась экспериментальная отработка основных узлов. Для испытаний рабочих параметров и отработки отдельных узлов были разработаны и изготовлены специальные стенды.

Во время испытаний были решены проблемы:

герметизации роторной полости электронасоса, заполненной дистиллированной водой под высоким давлением; герметизации разъемных соединений, работающих под высоким давлением и температурой;

создания опорных и упорных подшипников, работающих на водяной смазке, исключающих загрязнение теплоносителя первого контура;

обеспечение подачи в подшипник охлаждающего дистиллята и др.

После доводки опытного образца и корректировки КД было изготовлено 28 таких насосов, которые поставили ИАЭ, НИКИЭТ и другим

научно-исследовательским организациям Министерства для стендовой отработки элементов оборудования первого контура ППУ. Эта разработка положила начало освоению серии (более 500) электронасосов для атомного подводного флота первого поколения.

В дальнейшем, начиная с 1962 г., были созданы и освоены герметичные электронасосы для атомного флота последующих поколений. В их числе главный циркуляционный насос ГЦЭН-162 — двухскоростной, с двумя обмотками статора и оригинальной конструкцией гидрокамеры. Разработанная конструкция гидрокамеры исключила внешние трубопроводы между реактором, насосами и парогенератором, сделала установку компактной, с хорошими массогабаритными показателями. Этот насос разработали для мощной энергетической установки опытной крейсерской скоростной подводной лодки К-162. Был также разработан насос ЦЭН-181 для атомного ледокольного флота (ледоколов: Ленин, Сибирь, Арктика, Россия и др.). В 1975 г. начато изготовление электронасосов для специальных глубоководных станций с атомными энергетическими моноблочными установками. За создание герметичных насосов для атомного флота в 1965 г. удостоены звания лауреат Ленинской премии М.И. Бариненков — начальник лаборатории, И. Ф. Бычков — главный конструктор ОКБ ЛКЗ, Н. Н. Коновалов — заместитель главного конструктора, И.З. Костюк — инженер лаборатории, С.А. Лукин — начальник КБ, П.М. Удовиченко — начальник КБ, Н. В. Федоров — главный инженер, О. Д. Цимбалист — заместитель начальника лаборатории. Значительный вклад в создание насосов внесли конструкторы, технологи и испытатели В.С. Чехович, О.М. Плотников, О.В. Тепленчук, В.П. Никитин, В.Д. Агеев, И.М. Александров, Г. П. Федоров, И. В. Красиков, А.Д. Неклюдов, Ю.И. Феофанов, П.И. Золотов, П. И. Чертов, В. Г. Кулаков, И. А. Захаров, Ф.А. Михневич, М. Н. Бутузов, М. Н. Дудник, В. Н. Рубцов, В. П. Гунин, И. П. Якунин, В.А. Зайцев, О.Г. Корбан, Р.Н. Алеев, А.И. Беляков, В.В. Вязанкин, В.С. Герасимов, Ю.В. Беличков, В.Н. Пугачев и др. Многие из них награждены правительственными наградами.

Успешный пуск Первой атомной электростанции в Обнинске явился началом строительства промышленных АЭС. В соответствии с принятыми в 1955 г. правительственными реше-

ниями ОКБ ЛКЗ поручалось разработать, а Кировскому заводу изготовить и поставить главные циркуляционные насосы (ГЦН) на строящиеся первые очереди Ново-Воронежской и Белоярской атомных станций. Имея опыт разработок ГЦН для атомного флота, ОКБ ЛКЗ выбрало в качестве конструкционной схемы бессальниковый электронасос с перегородочным электродвигателем. На техническом совещании в 1955 г. под председательством Е. П. Славского с участием академика А. П. Александрова, основываясь на представленных ОКБ ЛКЗ предложениях, такое направление в решении задач по ГЦН было принято приоритетным. Разработку ГЦН для промышленных АЭС предстояло осуществить впервые не только в нашей стране, но и в мировой практике в условиях, когда практически отсутствовала возможность проведения параллельно дублирующих разработок другой конструкции. Одновременно, по принятой конструктивной схеме предстояло разработать, изготовить и поставить широкую номенклатуру электронасосов, существенно отличавшихся друг от друга по предъявляемым к ним требованиям, для вспомогательных систем и на другие стационарные объекты и установки, предназначавшиеся для проведения исследований, связанных с освоением ядерной энергии в практических целях. Это касалось различного рода физико-технических испытаний, проверки конструкций тепловыделяющих элементов и т. д. в условиях максимально приближенных к штатным. Поставленная задача коллективом была успешно решена путем создания целой гаммы насосов для АЭС первого поколения. Насосами оснастили два блока Белоярской АЭС, четыре блока Ново-Воронежской АЭС, а также Кольскую, Ровенскую, Армянскую АЭС, АЭС в Богунице (Чехословакия), в Козлодуге (Болгария), Пакше (Венгрия), Норде, Рейнсберге (Германия). В 1967 г. коллектив приступил к разработке насосов второго поколения — главных циркуляционных насосов большой производительности для АЭС с ВВЭР-1000. Главные циркуляционные насосы, производительность которых превышала в несколько раз производительность насосов первого поколения, потребовали создания более мощных агрегатов (8000 кВт) и обеспечения более высокого КПД для снижения затрат на собственные нужды АЭС. Кроме того, увеличение единичной мощности реактора (1000 МВт) ста-

ло необходимым для организации абсолютно надежной циркуляции теплоносителя в режиме обесточивания АЭС и снятия остаточных тепловыделений. Вместе с тем, строительство АЭС с энергоблоками ВВЭР-1000 резко снизило капитальные затраты при одновременном снижении металлоемкости за счет уменьшения количества параллельных петель от шести до четырех в контуре циркуляции.

В конструкции энергоблока нового поколения заложили несколько специальных технических решений, обеспечивающих безопасность эксплуатации АЭС с учетом охраны окружающей среды, в частности, сооружение защитной герметичной оболочки АЭС. Это потребовало разработки специальных герметичных проходов для трубопроводов вспомогательных систем, КИП и автоматики, а также средств дистанционного управления, контроля и диагностики ГЦН. Была предложена схема вертикального насоса с выносным асинхронным двигателем, маховиком и уплотнением вала насоса, который соединялся с ротором двигателя специальной торсионной муфтой. Работу насоса и двигателя обеспечивали вспомогательные системы:

охлаждения технической воды и промконтура; запирающей воды; охлаждения и смазки подшипников, КИП и автоматики.

В январе 1973 г. опытный образец ГЦН-195 совместно изготовили Кировский и Ижорский заводы, поставка поковок из нержавеющей стали осуществлялась заводами Днепросталь (Запорожье) и Баррикада (Волгоград). Приводной двигатель изготовил Уралэлектротяжмаш (Свердловск). Металловедением и сваркой занимался ЦНИИТМАШ. Блочная компоновка, предварительная отработка узлов на сооруженных стендах (уплотнения вала, главного упорного подшипника, гидростатического подшипника, трансмиссии, модельного колеса и улитки) позволили успешно без существенных замечаний провести заводские испытания. Серийное изготовление ГЦН-195М велось вначале на Кировском заводе, а затем на Сумском машиностроительном заводе. Насосы успешно эксплуатируются на Ново-Воронежской, Балаковской, Калининской, Запорожской, Южно-Украинской АЭС. За разработку насоса ГЦН-195 Ф. И. Бажану присуждена Государственная премия.

Активное и непосредственное участие в со-



Насос ГЦН-195М для АЭС с ВВЭР-1000 на испытаниях

здании насосов для атомных электростанций под руководством первого заместителя начальника и главного конструктора Э-С.А. Аркина, заместителя начальника и главного конструктора В.С. Чеховича, главных инженеров Н.В. Федорова и А.И. Гринченко, заместителя главного инженера В.Ф. Рожкова в разные годы принимали следующие специалисты: П. В. Дудченко, О. В. Тепленчук, П. М. Мышинский, М. А. Столпер, Я. Х. Горбульский, З.И. Сулханянц, Б.И. Железный, Н.И. Цабунин, Л.К. Бугаев, Л.В. Доброхотов, М.Д. Карпов, Г. С. Александров, В. Р. Груколенко, В.А. Зайцев, Л.Ф. Медведев, А.Д. Михайлов, С.А. Никифоров, Н.А. Одинцов, Ю.М. Паутов, М.А. Ремизов, К.М. Сергеев, В.Г. Снетков, Н.Е. Тихонов, В.Г. Чернышев и др.

Разгрузочно-загрузочные и перегрузочные машины. При строительстве атомных электростанций с реактором РБМК-1000 важной особенностью стало требование их бесперебойной работы. Выполнение этого требования могло

быть обеспечено возможностью перегрузки топлива на работающем реакторе, причем конструктивные особенности реактора позволяли осуществить такую возможность. Эта задача могла быть решена путем создания надежного перегрузочного оборудования — разгрузочно-загрузочной машины (РЗМ). Постановлением правительства в 1969 г. ЦКБМ поручили разработку конструкторской документации на разгрузочно-загрузочную машину (РЗМ-488), которая могла бы перегружать ядерное топливо работающего на максимальной или пониженной мощности реактора, а также при остановленном и расхоленном реакторе. Производительность машины — пять каналов в сутки или 1300 каналов в год. Отечественное реакторостроение не имело практики перегрузки ядерного топлива «на ходу», тем более энергетического реактора большой мощности, на выходе из каналов которого теплоноситель имел параметры пароводяной смеси объемного содержания до 80% (практически пара), при да-

влении 70 кг/см^2 и температуре $285 \text{ }^\circ\text{C}$. На первоначальной стадии проектирования провели тщательный анализ выбора типа машин в зависимости от параметров воды, заполняющей корпус машины. В машинах «горячего типа», компоновка теплообменного оборудования внутри корпуса предусматривает параметры одинаковые с параметрами теплоносителя на выходе из каналов реактора. Такой вариант, упрощающий перегрузку, осуществить сложно и машина была бы крайне не надежна. Поэтому выбрали вариант «холодного» типа машин, в корпусе которых при перегрузке реактора вода под давлением имеет температуру близкую температуре окружающей среды ($30 \text{ }^\circ\text{C}$). В соответствии с решением, утвержденным А.М. Петросьянцем, продолжили проработки, теоретические и экспериментальные исследования, позволившие найти решение проблемы безаварийного теплогидравлического взаимодействия холодной воды, подаваемой из машин в перегрузочный канал, с пароводяной смесью на выходе из канала. При этом главным был вопрос обеспечения термической стойкости элементов головки и топливной сборки, поскольку они в процессе перегрузки имеют температуру $200\text{--}300 \text{ }^\circ\text{C}$ и резко охлаждаются холодной водой ($30 \text{ }^\circ\text{C}$) машины. Для комплексной проверки и отработки технологии перегрузки на предприятии был построен теплогидромеханический стенд с полномасштабным натурным каналом, параметрами теплоносителя и тепловой мощностью единичного канала реактора. В создании этого стенда и в проведении исследования активное участие приняли Б.К. Жулев, Е.С. Ефимов, Н.И. Лизунов, В.П. Чижов, Г.Д. Лукьянов, В.Ф. Рожков, Г.Ф. Соловьев, В.А. Семенов, Л.И. Муромский, П.П. Скрипников, В.А. Максимов, А.И. Малков, Е.П. Трофимов, И.Е. Соколов, К.М. Иванов.

Основной конструктивной особенностью компоновки машины явилось использование в качестве транспортного средства мостового крана с тележкой и крепления к ней секционного цилиндрического защитного контейнера, представляющего стальной цилиндр со стенкой 50 мм для биологической защиты от излучения. Внутри контейнера вставлялась основная часть машины — скафандр, который имел механизм непосредственно осуществляющий замену отработавших ТВС на свежие. Ска-

фандр высотой 25 м представляет собой сосуд высокого давления (до 75 кг/см^2), в нижней части которого находится подвижное телескопическое устройство для наблюдения стыковки с каналом реактора. Управление РЗМ производится дистанционно из помещения поста управления, расположенного в торцевой части центрального зала и отделенного от него защитными стенами. Пульт управления РМЗ действует в раздельном или полуавтоматическом режимах. РЗМ позволяет повысить среднегодовой коэффициент нагрузки АЭС, увеличить коэффициент использования топлива, обеспечить постоянный минимально необходимый запас реактивности реакторной системы. С помощью РЗМ появилась возможность перестановки сборок по законам реактора, работающего на любой мощности. Это позволяло выравнивать энерговыделение по радиусу активной зоны и увеличивать глубину выгорания топлива в сборках. Системы машины исключали протечки теплоносителя, газовые и аэрозольные выбросы, как при нагрузке, так и при ликвидации возможных аварийных ситуаций. Выше перечисленные системы, а также оптимальная биологическая защита машин позволили обеспечить защиту персонала от радиоактивного излучения. Машины почти четверть века успешно эксплуатируются на всех АЭС с реактором РБМК-1000. За создание и внедрение в народное хозяйство разгрузочно-загрузочной машины звание лауреат Государственной премии присвоены сотрудникам ЦКБМ В.И. Скворцову, Д.А. Кротову, И.А. Захарову, В.А. Семенову, Ю.А. Евсеенкову, А.Д. Хмелеву, В.И. Громову. Значительный вклад в разработку РЗМ внесли конструкторы Б.И. Андрейчиков, Е.П. Шумякин, Д.В. Костылев (лауреат премии Совета Министров), Б.П. Толмачев, Е.Н. Автомонов, Л.И. Шуров, С.Б. Татаринев, В.Ф. Костюхин, Я.Н. Баранов, В.Е. Ильичев, А.Я.Егоров, А.Ф. Каурин, С.Г. Пласкеева, Л.Ф. Дятлов, А.П. Иванов, А.М. Файнерман, технологи А.О. Смирнов, Б.А. Царев, Л.Н. Яшина и др.

С созданием в 60-х годах атомных подводных лодок, на которых в качестве энергетической установки использовался реактор с жидкометаллическим теплоносителем, предприятию поставили задачу разработать комплекс оборудования для перегрузки, ремонта и замены оборудования первого контура паропроиз-

водительных установок этих лодок (ОК-500). В период с 1965 по 1974 гг. были выполнены эскизные и технические проекты, рабочая документация, изготовлен и сдан в эксплуатацию комплекс оборудования, способный в условиях специализированных береговых и плавучих технических баз производить перегрузку и ремонт основного технологического оборудования ППУ без вскрытия прочного корпуса атомных подводных лодок. Это оборудование: для ремонта арматуры и первого контура; для извлечения и установки выемных частей главного циркуляционного насоса; для ремонта задвижки Д_у 250; для извлечения и установки уровня буферной емкости; станция управления системами газовой защиты; комплект грузоподъемных средств и др.

Перегрузка и ремонт штатного оборудования производился методом поузловой и агрегатной замены и рассчитан на эксплуатацию в условиях радиоактивной загрязненности и повышенной температуры (до 150 °С) при возможном крене и дифференте лодки до 5 градусов. Комплекс в совокупности со станцией управления газовой защиты ограничивал попадание в ремонтную зону радиоактивных газов первого контура и защищал жидкометаллический теплоноситель от окисления воздухом в пределах допустимых норм.

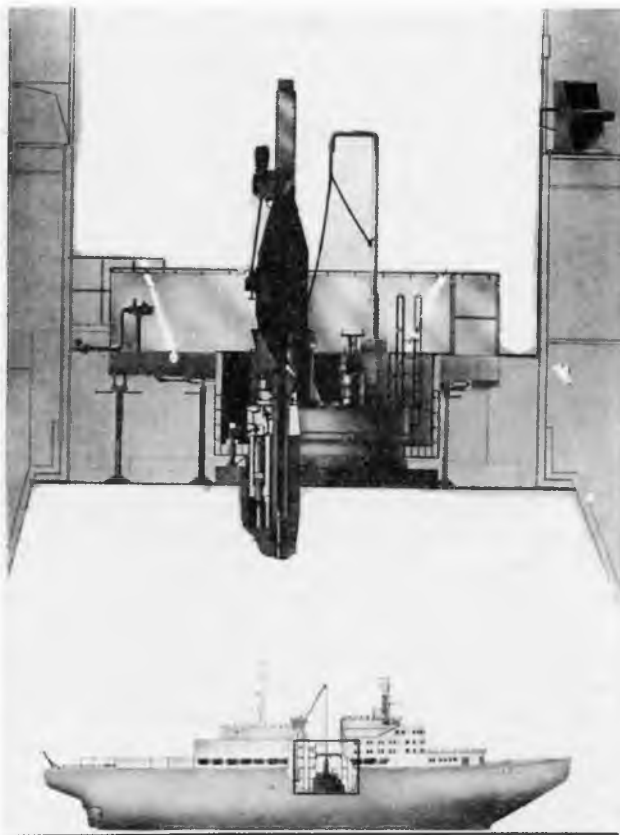
В 1967 г. была поставлена новая задача по созданию перегрузочного оборудования для реакторов ОК-900, которыми оснащались атомные ледоколы. К 1974 г. был разработан так называемый комплекс 250, который включал насосную станцию, устройство для подрыва крышки, координатно-наводящее устройство, контейнер для выгрузки технологического канала, шлифовальный станок и многое другое.

Для поканальной перегрузки атомных ледоколов «Арктика», «Россия», лихтеровоза «Севморпуть» разработали также специальный комплекс оборудования. В 1972 г. начали проектирование комплекса оборудования для перегрузки в атомных ледоколах активной зоны целиком.

Основными составляющими этого комплекса являлись:

скафандр перегрузочный с законтурной системой воздушного охлаждения для выгрузки из реактора активной зоны;

контейнер временного хранения с двухконтурной водяной системой расхолаживания;



Оборудование для перегрузки в атомных ледоколах активной зоны целиком

загрузочное устройство для загрузки в реактор свежей зоны и др.

Впервые комплекс использовали в 1987 г. при перегрузке экранной сборки реактора № 2 ледокола «Ленин». В период эксплуатации атомных ледоколов с помощью созданного ЦКБМ различного перегрузочного оборудования выполнено более 20 перегрузок ядерного топлива ледоколов. За большой творческий вклад в создание комплексов перегрузочного оборудования для транспортных атомных установок звание лауреат Государственной премии присвоили начальнику конструкторского отдела В. А. Морозову. Большой вклад в создание оборудования внесли руководитель тематики С.Н. Андрееenko, главный инженер А.И. Гринченко, конструкторы Г.Г. Платонов, Г.Т. Александров, А.Х. Халитов, Е.М. Булычева, В.А. Некрасов, В.П. Михальченко, Б.А. Константинов, технологи Л.Б. Краснов, В.И. Оводовский, А.И. Плавников, производственники П.П. Скрипников, П.С. Буте-

нин, В.А. Лебедев, В.З. Цирулев, А.И. Анохин и др.

В 1967 г. под научным руководством Физико-энергетического института началось проектирование быстрого опытного реактора мощностью 60 МВт (Бор-60) с жидкометаллическим теплоносителем. Создаваемый в НИИАР реактор позволял, обеспечивая большую удельную мощность и высокую температуру натриевого теплоносителя, проводить испытания твэлов и конструкционных материалов для проектируемых АЭС БН-350 и БН-600. Перегрузочная машина представляла собой герметичный контейнер, выполнявший функции биологической защиты. Контейнер устанавливался на тележке, которая перемещалась вдоль моста, а мост перемещался вдоль реакторного зала. Внутри контейнера были установлены механизмы, осуществляющие функции штатных пакетов, термического пакета, чехлов регулирующих стержней, пробки в реактор для загрузки промежуточного хранилища герметичными чехлами со свинцом. Вращением большой и малой пробок, находящихся на крышке реактора, патрубков ориентировался на выбранное гнездо активной зоны. Затем к нему подходила перегрузочная машина, которая стыковалась и уплотнялась с нагрузочным патрубком. При помощи захвата выбранный для перегрузки пакет поднимался в машину с инертной атмосферой и перевозился во внешнее хранилище. Для снятия остаточного тепловыделения в конструкции машины был предусмотрен замкнутый газовый контур с соответствующим оборудованием.

В 1969 г. машину изготовили на собственной производственной базе и поставили в НИИАР. Большой вклад в разработку конструкции машины внесли М.И. Кашкель, Е.П. Шумякин, Л.М. Слепов, В.А. Колягин, К.И. Сабир-де-Рибас, Г.И. Шишов, А.И. Гринченко, Е.И. Румынская и др.

Дистанционно управляемое оборудование. Для защиты людей и оборудования от воздействия излучения и возможных последствий потребовалось создание биологической защиты в виде боксов, блоков, экранов и специальных помещений, именуемых защитными камерами. Для этого было введено дистанционное управление и созданы особые механизмы в виде разного рода манипуляторов, захватов, пробоотборников и другого оборудования с тем,

чтобы проводить работы под защитой под смотровыми системами из свинцового стекла, телевизионными установками и иными техническими средствами. Важно было изучить поведение материалов во времени под воздействием излучения. Учитывая необходимость создания подобного рода оборудования, Совет Министров СССР своим постановлением от 20 сентября 1956 г. поручил Министерству станкостроительной промышленности «...организовать проектирование и изготовление манипуляторов, работающих на механическом принципе и дистанционно-действующих станков». На Ленинградском станкостроительном заводе им. Свердлова было создано опытно-конструкторское бюро (ОКБ-4), начальником которого назначили М.И. Горячева, главным конструктором лауреата Государственной премии, доктора техн. наук И.А. Дружинского, главным инженером лауреата Государственной премии И.И. Верина. В 1964 г. ОКБ-4 вывели из состава завода и передали Государственному комитету по использованию атомной энергии, а затем в 1967 г. ввели в состав ЦКБМ, начальником и Главным конструктором которого назначили П.З. Черепанова. Научное руководство осуществлял лауреат Государственной премии, канд. техн. наук, С.Н. Андрейченко, а в 1990 г. А.И. Винников. Главные задачи этого направления состояли в создании силовых и копирующих манипуляторов, дистанционно управляемых станков, перегрузочных машин, агрегатов рубки, кантователей, контейнеров, наводящих устройств, роботов для сборки ТВС, комплексов для перегрузки ядерных энергетических установок атомных ледоколов и другого оборудования для атомной промышленности.

Необходимо отметить, что к моменту создания ОКБ-4 в нашей стране уже действовали научно-исследовательские центры по ядерной проблеме. Накопленные в них знания о природе ионизирующих излучений, их взаимодействии с различными веществами, характере поглощения в различных средах, определили направленность защитных технических средств и методологию дистанционной работы с радиоактивными веществами. При проектировании и создании дистанционно управляемых станков и силовых манипуляторов были решены новые сложные технические проблемы, некоторые из них стали классическими и

широко используются в отрасли. Особое внимание уделили выбору структуры машин, обеспечивающей надежность и возможность быстрого демонтажа, агрегатированному построению с учетом динамических процессов, совместимости положения машины с движением и размещением деталей и инструмента, и обеспечением обзорности. Выбор кинематических цепей регламентировался условием выноса из радиоактивной зоны приводных элементов с одновременным обеспечением дистанционного ручного дублирования. При этом максимально обеспечивалась простота исполнения и необходимая взаимозаменяемость. В общей сложности для атомной промышленности и научно-исследовательских центров на базе ЦКБМ изготовили более 40 типоразмеров сотен единиц основного технологического дистанционно управляемого оборудования для фрезерных, токарных, сверлильных, карусельных и буровых работ, для рубки, алмазной резки, шлифовальных, полировальных и доводочных операций при работе с радиоактивными материалами. С началом строительства Нововоронежской и Белоярской АЭС на ОКБ-4 возложили задачу проектирования и изготовления оборудования для защитных камер этих станций. Оборудование защитных камер включало: зону управления в операторской с механизмами приводов, пультами и органами управления, средства связи, рабочую зону с манипуляторами, подъемниками, дистанционными станками, подъемно-транспортными столами, зажимными устройствами, средствами дезактивации и другим оборудованием. В зависимости от условий эксплуатации учитывалось требование достаточной универсальности для исследовательских защитных камер и специализации для производственных защитных камер. Кроме упомянутых АЭС подобные защитные камеры изготовлены для Ленинградской, Игналинской, двухцелевой в Шевченко и АЭС в Богунице (Чехословакия). Подобные комплексы оборудования для защитных камер изготовили для предприятий министерства в Челябинске, Семипалатинске, Красноярске, для научно-исследовательских центров — ИАЭ, НИИАР, ЛИЯФ и многих других. Наряду с этим по отдельным постановлениям правительства велось проектирование и изготовление защитных камер специального назначения для разборки и разделки реакторов

космического назначения типов «Бук», «Ромашка», «Енисей», «Тополь» и др. Основным технологическим оборудованием в защитных камерах специального назначения являлись силовые электромеханические мостовые и консольные манипуляторы с набором дистанционно-заменяемого инструмента и захватов, станки фрезерно-абразивной резки, поворотные столы с зажимными устройствами и прочее.

Большой вклад в разработку дистанционно управляемого оборудования внесли, лауреат Государственной премии М. М. Иванов, М. И. Элья, М. И. Кашкель, П. Н. Виноградов, М. П. Коняхин, С. Г. Батманов, К. П. Ушаков, Н. К. Парц, Л. М. Слепов, Ю. М. Добрынин, В. Н. Кирьянова, В. П. Фомина, А. Б. Очаковский, В. М. Крылов, И. С. Бородовский, Н. А. Стариков, Г. П. Мудров, И. И. Пайкин, А. В. Трофимова, С. А. Чемеринский, Л. И. Матвеева, В. П. Михальченко, Х. М. Марголина, Б. П. Толмачев, П. В. Кондратьев, Н. И. Русаков, В. А. Некрасов, В. А. Сретинский.

В составе конструкторского бюро предусматривалась и была создана производственная база со специализированными участками металлообработки, инструментальным хозяйством, технологической службой, экспериментальной базой (технологическая лаборатория, лаборатория электроприводов, тепло-гидромеханический стенд), что обеспечило полный цикл изготовления дистанционно управляемого оборудования. Существенный вклад в изготовление, монтаж и отладку оборудования внесли производственники и технологи: главный инженер А. И. Гринченко, начальники цехов И. Б. Варковецкий, И. Ф. Михайлов, Г. Ф. Соловьев, технологи Л. Л. Фрейдман, Л. В. Краснов, В. И. Оводовский, В. Н. Алексеев, испытатели Ю. П. Григорьев, В. А. Холмквист, лауреат Государственной премии Г. С. Борткевич, В. С. Томилин, производственники А. В. Пеков, П. П. Скрипников, И. И. Зотов, В. А. Роотс, С. И. Шолохова, Г. Н. Новиков, П. С. Бутенин, В. А. Лебедев, А. И. Анохин, В. А. Маркелов, В. А. Сергеев, Г. Г. Малюев, Э. Р. Первухина и др.

Согласно постановлению правительства в 70-е годы было начато проектирование завода регенерации топлива РТ-1 для химического комбината «Маяк» в Челябинске. Завод предназначался для переработки отработавших те-

пловыделяющих сборок энергетических реакторов ВВЭР-440 атомных электростанций Советского Союза, Болгарии, ГДР, Финляндии и др. Создание таких заводов предполагало решение следующих задач:

освобождение заполненных хранилищ при АЭС и на плавбазах;

выделение из отдельных тепловыделяющих сборок (ТВС) топлива для повторного его использования, что создавало предпосылки для осуществления замкнутого топливного цикла.

В рамках этого постановления ЦКБМ поручили создание основного технологического оборудования отделений подготовки изделий к резке (ОПИР) завода РТ-1. Для первой и второй очередей завода (ОПИР-1 и ОПИР-2) ЦКБМ разработал и изготовил несколько типов силовых мостовых и консольных манипуляторов с комплектами дистанционно заменяемых захватов и инструментов, обеспечивающих выполнение всех транспортно-технологических операций.

Для третьей очереди завода (ОПИР-3) ЦКБМ создало несколько силовых мостовых манипуляторов, установку и агрегаты для резки хвостовиков, кантователь, механизм центровки и вращения, а также другое оборудование, полностью обеспечивающее весь технологический процесс. Оборудование для завода РТ-1 существенно отличалось от оборудования исследовательских защитных камер и камер специального назначения. Во-первых, к нему предъявлялись значительно более высокие требования по надежности, так как выход его из строя приводит к остановке всего производственного процесса завода; во-вторых, из-за больших перемещений мостовых манипуляторов в камерах и залах ОПИР все приводные элементы устройства с датчиками должны были устанавливаться непосредственно на исполнительных органах, расположенных в камерах с высокими радиационными полями. Эти особенности предопределили необходимость выполнения при разработке оборудования, помимо повышенных общетехнических требований, еще и дополнительных специфических, в частности, возможность дистанционной замены наиболее ответственных или «слабых» элементов (исполнительных механизмов приводов, датчиков и др.), наличие аварийных кинематических цепей, специальный подбор электрооборудования и комплектующих изделий и т.п. Изготавливало оборудование



В.П. Никитин,
директор ЦКБМ,
кандидат технических
наук, лауреат премии
Совета Министров РФ



В.И. Сергеев,
заместитель директора
ЦКБМ, доктор техн. наук,
Герой Социалистического
Труда, лауреат Ленинской
премии, Заслуженный
изобретатель РСФСР

ЦКБМ с привлечением предприятий отрасли — ОКБМ (Горький), Волжский механический завод (Рыбинск), завод «Двигатель» (Таллин) и др. Испытания оборудования проводились на индивидуальных стендах, а для испытания ОПИР-3 в ЦКБМ создали комплексный стенд. На этом стенде налаживали оборудование, а затем проводили испытания всего комплекса. Испытания проводились по полному технологическому циклу работы оборудования ОПИР-3, а также по технологическому процессу дистанционной замены всех предназначенных для этого узлов и элементов.

Проведение работ с оборудованием на комплексном стенде обеспечило его высокое качество, что позволило после монтажа оборудования на объекте произвести его запуск в эксплуатацию в кратчайшие сроки и обеспечило его нормальную работу до настоящего времени. Аналогичный комплекс оборудования разработал ЦКБМ для строящегося завода РТ-1 в Красноярске, предназначенного для переработки ОТВС энергетических реакторов ВВЭР-1000. Кроме оборудования для заводов РТ, в то же время ЦКБМ разработало и изготовило мостовые манипуляторы реакторной установки «Руслан» химического комбината «Маяк», мостовые манипуляторы для камеры реактора двухпетлевой АЭС в Шевченко и установки физвзвешивания на Машиностроительном заводе в Электростали, манипулятор для подвод-

ных работ в НИИАР и многое другое. Большое количество созданных для отрасли манипуляторов позволило провести их систематизацию, на базе которой были разработаны отраслевые стандарты на «Манипуляторы электромеханические не копирующие мостовые и консольные», явившиеся основой для проектантов и разработчиков при применении их в новых проектах и разработках.

Наибольший вклад в создание оборудования внесли конструкторы Л.М.Слепов, А.В.Яков-

лев, Ю.А.Баранов, С.В.Ракин, В.А.Колосов, Г.А.Орлов, Е.В.Скворцов, А.А.Изотов, В.В.Михайлов, С.Г.Батманов, Н.И.Русаков, М.П.Коняхин, Л.К.Галастионова, Е.Г.Смирнов, Н.С.Батин, В.П.Толмачев, А.К.Макаров-Землянский, Б.А.Константинов, технологи В.И.Оводовский, В.Н.Алексеев, Э.В.Сизов, испытатели Л.И.Муромский, В.Л.Киуц и производственники П.П.Скрипников, В.А.Лебедева, В.В.Андреев, П.С.Бутенин, А.Н.Дмитриев.

Развитие производственных мощностей для изготовления блоков из урана и лития с целью наработки в ядерных реакторах плутония и трития, ядерного топлива

В.Ф. Коновалов, П.М. Верховых, Н.Т. Чеботарев, С.В. Головин, К.Я. Егоров, П.П. Игнатьев

В истории создания отечественной ядерной промышленности важное место занимает комплекс проблем, связанных с организацией производства ядерных материалов и изделий из них, разработкой технологии и научных основ их изготовления. Для получения ядерных материалов (плутония и урана-235) требовалось создание совершенно новой по тем временам урановой промышленности, включающей в себя разработку и добычу урановых руд, их переработку, получение блоков металлического урана, которые использовались в промышленных реакторах для наработки плутония, а также получение фтористых соединений урана, которые служили исходным материалом для получения урана-235 на разделительных заводах. Для разделения изотопов урана по газо-диффузионной технологии потребовалась организация производства специальных диффузионных фильтров, а с внедрением центрифужной технологии для комплектации центрифуг — специальных магнитов. Для создания термоядерного оружия был необходим целый комплекс совершенно новых производств, связанных с наработкой трития — производство металлокерамических изделий из обогащенного урана, разделение изотопов лития с получением легкого изотопа литий-6, гидридов лития, металлического лития и изделий из них.

С развитием ядерной энергетики для обеспечения атомных электростанций и транспортных энергетических установок (ледокольный, подводный и надводный атомный флот, космические объекты) появилась необходимость в организации производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), тепловыделяющих сборок (ТВС), активных зон (АЗ), систем управления защитой (СУЗ) и поглощающих элементов (ПЭЛ). Для проведения научно-исследовательских работ во многих научных центрах страны потребовалось также создание производства специальных ТВЭЛ и ТВС для исследовательских реакторов.

Одной из важнейших задач развития ядерного реакторостроения явилось создание специальных конструкционных материалов, работающих в условиях облучения и повышенных температур. С этой целью были организованы производства по выпуску специальных марок сталей, алюминия и алюминиевых сплавов, реакторно-чистого циркония и его сплавов, бериллия, гафния, ниобия, лития, тантала, редкоземельных элементов (РЗЭ).

Для выполнения важной государственной задачи — создания современной урановой промышленности были привлечены лучшие ученые страны, многие академические и отраслевые институты, проектные, конструкторские и другие специализированные организации Советского Союза. С созданием Первого Главного Управления (ПГУ) при Совете Министров СССР, на которое было возложено руководство ядерной проблемой в стране, началось становление урановой промышленности. По инициативе руководителей атомного проекта академика И.В. Курчатова и наркома боеприпасов Б.Л. Ванникова в соответствии с Постановлением Совета народных комиссаров СССР от 13 октября 1945 г. на базе снаряжательного Завода № 12 по производству обычных взрывчатых боеприпасов было принято решение организовать одно из первых предприятий в Советском Союзе по получению урана высокой чистоты в виде блоков в алюминиевой оболочке для наработки плутония. С этой целью решением Государственного Комитета обороны от 30 августа 1945 г. Завод № 12 передали из Наркомата боеприпасов в систему ПГУ. Выбор места расположения завода определился прежде всего близостью его к научно-исследовательским учреждениям Москвы (завод размещался в Электростали в 60 км от Москвы). С передачей Завода № 12 в ПГУ началась его реконструкция, которая была связана с организацией опытных цехов по производству урана и разработкой технологии

его получения (октябрь 1945 — март 1946 гг.), усовершенствованием этой технологии и разработкой новых методов получения урана (апрель 1946 — январь 1947 гг.), с разработкой технологии фторидного метода производства урана (январь 1947 — январь 1949 гг.). История этого периода подробно изложена в книге «Создание первой советской ядерной бомбы» в главе, посвященной Заводу № 12, который являлся ведущим предприятием отрасли в решении многих проблем, связанных с организацией и развитием атомной промышленности. В истории завода можно выделить два основных периода.

Первый период (1945—1954 гг.) был связан с организацией и развитием химико-металлургических производств, второй период — с перестройкой производств с химико-металлургического профиля на производство твэлов и ТВС. Проектные работы по реконструкции завода первого периода велись генеральным проектировщиком — Всесоюзным институтом по проектированию предприятий промышленности редких металлов (Гипроредмет, Москва) при участии Государственного проектного института № 11 (ГСПИ-11, Ленинград), а с 1947 г. — Государственным проектным институтом № 12 (ГСПИ-12, Москва). Строительство первой очереди завода выполнялось Главпромстроем МВД, а в дальнейшем велось хозяйственным способом. Характерной особенностью строительства завода в первый период являлась кратковременность существования отдельных экспериментальных производств, а отсюда — многократная реконструкция одних и тех же корпусов вместо строительства новых. Только с 1946 по 1958 гг. было утверждено шесть очередей комплексной реконструкции завода. Завод представлял собой опытно-экспериментальную базу создаваемой атомной промышленности в области производства урана и его соединений.

Начиная с 1946 г. на заводе создали следующие производства: по переработке богатых и бедных урановых руд (1947—1957 гг.); урана (1946—1975 гг.); металлического кальция (1948 г. — действует по настоящее время); радия (1950—1960 гг.); диффузионных фильтров (1948—1960 гг.); нейтронных и гамма-источников (1956—1967 гг.); легкого изотопа лития (1956—1962 гг.); металлического лития и его гидридов (1956 г.); анизотропных феррито-

бариевых магнитов (1960 г. — действует по настоящее время); твэлов, ТВС, АЗ (1954 г. — действует по настоящее время).

Большой вклад в строительство и реконструкцию завода, особенно в начальный период его создания внесли руководители завода С. А. Невструев, А. Н. Каллистов, Ю. Н. Голованов, С. И. Золотуха. В последующие годы активное участие в развитии завода приняли В. Ф. Коновалов, А. Г. Мешков, К. Я. Егоров и др.

Планы развития атомной промышленности, связанные с ростом программы выпуска урановых блоков для вновь строящихся промышленных реакторов, требовали значительного расширения сырьевой базы, увеличения мощности рудоперерабатывающих и химико-металлургических заводов. С этой целью правительством были приняты решения о начале строительства новых заводов в системе ПГУ.

Постановлением Совета Министров СССР от 9 декабря 1946 г. в ПГУ передали завод № 544 Министерства вооружения, расположенный в Глазове Удмуртской АССР и приняли решение о сооружении на его базе нового уранового завода. Проектирование завода под урановое производство было поручено Гипроредмету и НИИ-9. Проектирование и строительство практически проводилось одновременно. Интенсивные строительные-монтажные работы и реконструкция имевшихся сооружений крупного нового комплекса зданий начались в апреле 1947 г. Строительство и реконструкция завода проводились отдельными очередями:

первая очередь (1948—1949 гг.) — строительство химико-металлургического производства; вторая очередь (1951 г.) — строительство рудного производства;

третья очередь (1952—1953 гг.) — реконструкция химико-металлургического и рудного производства;

четвертая очередь (1954—1955 гг.) — строительство кальциевого производства.

В дальнейшем руководство министерства приняло решение о создании на этом предприятии крупного циркониевого производства, которое проводилось в течение нескольких лет отдельными очередями. Созданное циркониевое производство впоследствии обеспечило циркониевыми материалами все потребности страны в ядерной энергетике. Большой вклад

в создание, развитие и реконструкцию завода внесли его руководители А.Р. Белов, П.С. Власов, С.И. Зайцев, С.Н. Архангельский, В.Ф. Коновалов, В.Н. Рождественский и др.

Постановлением Совета Министров СССР от 27 июля 1946 г. было принято решение о создании горно-химического комбината по переработке диоксидных сланцев Прибалтики в Силламяэ на базе сланцеперерабатывающего завода Главгазтоппрома (Завод № 7). Предполагалось строительство крупного комбината с добычей и переработкой не менее 10 000 т сланца в сутки. Но ввиду изменившейся конъюнктуры с урановым сырьем, решение о промышленном освоении диоксидных сланцев не осуществили, а предприятие перевели на переработку природного уранового сырья. С этого момента начался быстрый рост строительства промышленных корпусов и города. В дальнейшем, руководство Министерства приняло решение организовать на этом предприятии производство фильтровального полотна Петрянова (ФПП), противопылевых респираторов типа «Лепесток» и крупное производство по переработке лопаритовых концентратов с Кольского полуострова в целях получения ниобия, тантала, титана и редкоземельного концентрата. Строительство предприятия с 1946 по 1951 гг. осуществлялось Главпромстроем МВД СССР, а с 1951 г. работы по строительству и реконструкции завода велись хозяйственным способом. В строительстве завода и города большой вклад на первоначальном этапе его развития внесли его руководители Ф.Я. Гуков, Г.В. Дубовский, главный инженер завода П.А. Гаевой, директор опытного завода Н.М. Димант. В последующие годы активное участие в развитии завода приняли В.П. Плотников, Ю.К. Тетенов и др.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 8 августа 1947 г. началось строительство Завода № 906 в Днепродзержинске Днепропетровской области. Завод проектировался и строился для переработки ураносодержащих доменных шлаков, получаемых от металлургического завода, работающего на железных рудах Первомайского месторождения. В выборе места строительства решающую роль сыграли близость источников сырья (доменные шлаки) и наличие в районе расположения завода Днепродзержинского химического комбината, являвшегося поставщиком 40% азот-

ной кислоты, газообразного аммиака, азота и газообразного хлора. Технологию переработки шлака разработал НИИ-9. Пуск производства переработки шлаков состоялся в апреле 1947 г. Однако, впоследствии, с учетом изменившейся конъюнктуры уранового сырья, производство переработки шлаков приостановили, и завод перевели на переработку привозных урановых руд и химических концентратов. Проектировали завод и поселки Ленинградский филиал ГСПИ-12, Московская проектная контора (МПК) и ГСПИ-11. До 1956 г. строительство предприятия осуществлялось исправительно-трудовыми лагерями и организациями МВД СССР. С 1956 г. строительные работы велись хозяйственным способом. Промышленное строительство с 1947 по 1954 гг. проводилось в четыре очереди, в последующие годы — реконструкция и расширение цехов основного и вспомогательного производства. Наряду с переработкой урановых руд и химических концентратов на заводе параллельно производили минеральные удобрения (нитрофос, натриевая селитра), алюмоаммиачные квасцы, концентраты редкоземельных элементов, полиакриламид. Впоследствии было организовано крупное производство ионообменных смол, опытно-экспериментальное — циркония по кальций-термической схеме и — гафния и гафниевых лигатур. Большой вклад в развитие завода внесли директора М.П. Аношкин, Ю.Ф. Коровин, главные инженеры Г.М. Чубыкин, А.В. Багрянов, И.В. Танский.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 17 апреля 1951 г. в ПГУ передали завод «А» в Москве, организованный в 1932 г. специально для получения бериллия. В предвоенные и военные годы завод развивался как предприятие по выпуску редкометаллической продукции. Завод получил задание по развитию производства металлического тория и его солей, бериллия, циркония и его сплавов, РЗЭ. В дальнейшем руководство Министерства приняло решение о создании на этом предприятии производства СУЗ и ПЭЛ для обеспечения ими объектов ядерной энергетики самого различного назначения. На базе получаемых РЗЭ организовали производство различных продуктов. Большой вклад в развитие завода, особенно в послевоенный период, внесли директор завода А.И. Андрушин, глав-

ные инженеры завода К.В. Орлов, С.А. Кузнецов и другие специалисты.

Постановлением Совета Министров СССР от 25 сентября 1948 г. начали строительство завода № 250, расположенного на площадке бывшего автозавода Министерства автотракторной промышленности в Новосибирске. Первоначально завод проектировали и строили для переработки уранового сырья до урановых блоков. Промышленное строительство завода осуществлялось в три очереди. Первая очередь (1949—1952 гг.) предусматривала строительство уранового производства в комплексе химических и металлургических цехов, цеха изготовления оболочки и герметизации блоков, а также вспомогательных производств, вторая (1952—1954 гг.) — строительство рудного комплекса, третья (1956—1958 гг.) — организацию производства литья и его соединений с одновременным строительством складов химикатов, реагентов, ТЭУ и т. д.

В последующие годы решениями Министерства на заводе были созданы новые производства:

дисперсионных твэлов из диоксида урана различной степени обогащения по урану-235; литий-алюминиевых блоков для наработки трития;

твэлов и ТВС из урана различных степеней обогащения по урану-235 для исследовательских реакторов;

натуральных защит из гидрида лития для бортовых станций космических объектов, специальных изделий.

Значительный вклад в развитие завода внесли его руководители: А.М. Михайлов, А.Н. Каллистов, П.С. Власов, Э.Н. Свечников, А.К. Иванов и др.

В 1948 г. в ПГУ был передан Завод «2А», расположенный в Усть-Каменогорске Восточно-Казахстанской области. Завод предназначался для получения солей тория и цинкосодержащих растворов из монацитовых концентратов Ак-Тюзского месторождения. Начало предьстории завода относится к 1946 г. В это время на Усть-Каменогорском цинковом заводе Министерства цветной металлургии СССР началось строительство цеха сульфатизации монацитового концентрата, а затем производство получения оксалата тория. Завод превратился в уникальное производство ряда изделий и полуфабрикатов для нужд атомной, элект-

ронной и ракетной техники. В последующие годы на заводе был создан большой комплекс цехов по производству 49%-ной плавиковой кислоты, танталовой, урановой и бериллиевой продукции. Организовано производство сверхпроводящих материалов, машиностроительной продукции, монетный двор. Большой вклад в развитие завода внесли руководители завода В. П. Потанин, Е. Д. Иванов, Ю. И. Мурин, В.Н. Рождественский и др.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 17 марта 1956 г. Минсредмашу СССР передали завод № 546, созданный на базе строившегося Красноярского химико-металлургического завода Министерства цветной металлургии СССР. Завод строился по проекту Сибирского филиала ГСПИ-11 и введен в эксплуатацию в 1957 г. Его основной продукцией был гидрооксид лития, предназначенный для разделительного литевого производства. Впоследствии на этом заводе стали выпускать цемент, ферроцианиды рубидия и цезий из отходов производства. Основу проекта составила технологическая схема сжигания сподуменового концентрата с известью, разработанная Западно-Сибирским филиалом АН СССР под руководством профессора Н.С. Лалаева. Большой вклад в развитие завода внесли директора предприятия Х.Л. Либенштейн, И.А. Киселев, Г.А. Ворогушин, главные инженеры Е.П. Шведов, В.Я. Боровик и др.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 26 июня 1953 г. образовано Министерство среднего машиностроения СССР, в структуре которого было создано Главное управление металлургического оборудования (ГУМО), впоследствии обозначенное как 3-е Главное управление Минсредмаша СССР.

Большой вклад в развитие предприятий 3-го Главного управления внес первый руководитель Н.Ф. Квасков, проработавший в этой должности до 1974 г., главные инженеры И.Д. Комков, В.С. Зверев. В последующие годы активное участие в развитии предприятий 3-го Главного управления приняли В.П. Потанин, П.М. Верховых, В.Ф. Коновалов и др.

В состав 3-го Главного управления входили следующие предприятия:

1. Завод № 12 в Электростали Московской области, в настоящее время АО «Машиностроительный завод».

2. Завод № 544 в Глазове Удмуртской АССР, в настоящее время АО «Кирово-Чепецкий механический завод».

3. Завод № 250 в Новосибирске, в настоящее время АО «Новосибирский завод химконцентратов».

4. Завод «2А» в Усть-Каменогорске Восточно-Казахстанской области, в настоящее время АО «Ульбинский металлургический завод».

5. Завод № 906, в Днепродзержинске Днепропетровской области, в настоящее время АО «Приднепровский химический завод».

6. Завод № 7 в Силламяэ Эстонской ССР, в настоящее время ГАО «Силмет» Эстония.

7. Завод «А» в Москве, в настоящее время АО «Московский завод полиметаллов».

8. Завод № 546 в Красноярске, в настоящее время АО «Химикометаллургический завод».

В развитии урановой промышленности и ядерной энергетики принимали активное участие многотысячные коллективы предприятий, научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций. Ведущую роль в разработках и освоении новых технологий и новых видов продукции выполнили научно-исследовательские институты ИАЭ АН СССР, НИИ-9, НИИ-10, ФЭИ, ВИАМ, ГЕОХИ АН СССР им. В.И. Вернадского, РИ АН СССР им. В.Г. Хлопина, ЛФТИ, НИИ-13, ИОНХ АН СССР, ВИМС, ГНИЭЗ-93, ИФХ АН СССР и др. Проектные институты и конструкторские бюро ГСПИ-11, ГСПИ-12, МПК, ОКБ «Гидропресс», ОКБМ, НИИ-8, НИИХИММАШ, НИКИ-15, ОКБ-2 и многие другие.

Большой вклад в разработку технологии производства ядерных материалов и изделий из них внесли академики И.В. Курчатов, А.А. Бочвар, А.П. Александров, А.П. Виноградов, А.Н. Тананаев, Б.Н. Константинов, А.Н. Вольский, Н.А. Доллежал, И.К. Кикоин, Б.Н. Ласкорин, Ф.Г. Решетников и др.; члены-корреспонденты АН СССР А.С. Займовский, В.С. Амбарцумян, А.П. Зефилов и др.; докт. техн. наук Н.П. Галкин, В.Б. Шевченко, В.В. Гончаров, Г.Я. Сергеев, Г.А. Меерсон, Г.В. Каплан, З.В. Ершова, Я.Д. Пахомов и др.

В короткие сроки в составе ПГУ были построены заводы, которые обеспечили:

переработку урановых руд и химических концентратов урана до оксидов;

получение тетрафторида для производства

металлического урана и обеспечение им разделительных заводов;

изготовление урановых блоков для промышленных уран-графитовых реакторов;

переработку манацитовых концентратов для получения солей тория, металлического тория и изделий из него;

производство солей радия и радиоактивных источников;

производство фильтров для газодиффузионных машин;

производство магнитов для комплектации центрифуг в центрифужной технологии разделения изотопов;

производство металлокерамических и дисперсионных твэлов реакторов для наработки трития;

производство разделения изотопов лития, металлического лития, гидридов лития и изделий из них;

производство твэлов и ТВС для атомных электростанций, судовых установок и космических объектов;

производство СУЗ, ПЭЛ для атомных реакторов;

производство бериллия, циркония, гафния, тантала, РЗЭ;

производство ионнообменных смол и т.д.

Производство металлического урана. Отечественная урановая промышленность возникла в сороковых годах, и первые образцы изделий из урана получили на Заводе № 12 в октябре 1945 г. Для проектирования производства урана на Заводе № 12 ПГУ выделили специальную бригаду Гипроредмета под руководством М.Д. Бершацкого. В качестве консультантов на завод направили группу немецких специалистов и ученых во главе с доктором Н. Рилем. В течение сентября-октября 1945 г. было проведено проектирование опытного производства, основой которого явилась технология восстановления оксидов урана кальцием с получением металлического урана в виде порошка (порошковый метод). Опытный завод, предназначенный для освоения технологии производства урановых блоков из технических солей урана, по первоначальному проекту должен был иметь три передела:

получение чистых оксидов урана из солей, получение порошкообразного урана;

получение урановых блоков.

В ноябре 1945 г. ввели в эксплуатацию цех ра-

финирования черного урана в атмосфере аргона или в вакууме с последующей механической обработкой блоков. Цех оборудовали аргонными и вакуумными печами сопротивления для рафинирования черного урана и токарными станками для механической обработки блоков. В качестве исходного сырья для рафинировочных плавков использовали трофейный черновой порошкообразный уран. В конце октября 1945 г. получили первые образцы блоков урана. В декабре 1945 г. на опытном заводе ввели в эксплуатацию цех получения порошкообразного черного урана. В качестве сырья использовали трофейную сильнозагрязненную закись-окись урана, и в январе 1946 г. цех выпустил порошкообразный черновой уран для рафинирования и отливки в блоки. В это же время на опытном заводе начал работу цех химической очистки концентрата с получением закиси-оксида урана. В качестве сырья использовали трофейные концентраты (аммонийная соль и загрязненная закись-окись урана) и в феврале 1946 г. получили первую партию чистого закись-оксида урана. Опытное производство на всех переделах было укомплектовано, в основном, оборудованием, вывезенным из Германии.

Наряду с освоением технологии производства велась работа по освоению методик анализа сырья, полуфабрикатов и готового урана. Не обходимо было освоить методы определения в анализируемых продуктах тысячных долей процента примесей. Методики разрабатывались ГЕОХИ АН СССР под руководством академика А.П. Виноградова и ИОНХ АН СССР под руководством академика А.Н. Тананаева.

В тот же период провели первый этап реконструкции завода, заключающийся в организации опытного производства металлического урана в виде заготовок диаметром 35 и длиной 150 мм с использованием немецких урановых порошков, концентратов урана и металлического кальция. Однако, созданное опытное производство не могло обеспечить все существовавшие в 1946—1947 гг. потребности строящихся объектов в урановых изделиях. Только для строящегося в ЛИПАН (впоследствии ИАЭ АН СССР) физического реактора и первой загрузки промышленного уран-графитового реактора, который строился в Челябинске-40, требовалось около 200 т урановых изделий. Поэтому параллельно с опытным заво-

дом на Заводе № 12 сооружался «большой завод», который в конце 1946 г. ввели в эксплуатацию. «Большой завод» по своей структуре и технологии был аналогом опытного завода. Параллельно-последовательная организация работ по проектированию и строительству, по освоению и наращиванию мощностей, позволила в течение 1,5—2 лет создать на бывшем заводе боеприпасов совершенно новое в отечественной промышленности химико-металлургическое производство, ставшее не только поставщиком урана для промышленных уран-графитовых реакторов, но и своего рода полигоном для испытаний и отработки новых технологических процессов, а также школой подготовки квалифицированных кадров для других заводов аналогичного профиля, входящих в систему ПГУ.

В последующие годы происходило наращивание объемов выпуска урана, совершенствование технологий, значительное улучшение качества выпускаемого урана, повышение технико-экономических показателей его производства. Совершенствование «немецкой» технологии переработки концентратов и «порошкового» метода получения металлического урана диктовались возрастающими требованиями к чистоте урана, а также необходимостью непрерывного увеличения выпуска продукции. В начале апреля 1946 г. в технологию очистки урана от примесей ввели коренные усовершенствования — внедрили метод «тонкой» эфирной очистки нитросоли урана, основанный на способности азотнокислого уранила хорошо растворяться в эфире в противоположность сопутствующим урану примесям. Оксалатный метод «грубой» очистки заменили безоксалатным методом, заключающимся в растворении аммонийной соли урана в соляной кислоте и обработке полученного раствора аммиаком. При этом выделялась соль урана в более чистом виде. Одновременно с усовершенствованием химического передела совершенствовалась технология металлургического передела. Печи сопротивления заменили на высокочастотные печи отечественного производства, обеспечившие более высокое качество урана и значительный выигрыв в производительности. Однако и эти усовершенствования не могли полностью гарантировать качество и количество выпускаемого урана.

Наряду с усовершенствованием «порошко-

вой» технологии в этот период развернулись работы по созданию фторидного метода получения урана. Для проведения экспериментальных работ по инициативе А.П. Завенягина на Заводе № 12 создали опытный цех № 2 «БИС», который вошел в эксплуатацию в феврале 1946 г. В начале этого года планомерные исследования в области металлургии природного урана начались и в НИИ-9, в специально созданной для этих целей металлургической лаборатории. Первоначально в качестве восстановителя изучались одновременно свойства кальция и магния. Однако положительные результаты удалось достигнуть при использовании в качестве восстановителя металлического кальция, который к тому времени уже производился на Заводе № 12. Основой внедряемой на заводе схемы являлся простой, оригинальный, высокопроизводительный метод получения урана из фторида, позволивший путем восстановительных плавов получать компактные слитки черного урана.

В 1947 г. плавка на заводе была доведена до 70 кг урана за операцию. Плавку производили в сосудах, футерованных фтористым кальцием в атмосфере аргона. Реакцию возбуждали с помощью электрического запала, т. е. без подогрева аппарата. Фторидный метод получения урана был внедрен в декабре 1946 г. в опытном цехе, а в декабре 1947 г. — на «большом заводе» и довольно быстро вытеснил немецкий порошковый способ. Освоение и непрерывное усовершенствование фторидного метода в процессе эксплуатации позволило улучшить качественные и количественные показатели и явилось значительным вкладом в развитие технологии урана. С вводом в эксплуатацию «большого завода» и ростом выпуска урановой продукции имеющееся импортное сырье быстро иссякло, и завод перешел на переработку первичных отечественных среднеазиатских концентратов Комбината № 6, отличавшихся большим содержанием разнообразных примесей и низким содержанием урана (40–45%). Действовавшая в это время «немецкая» технология химической очистки концентратов, даже дополненная новыми операциями, оказалась непригодной для некоторых видов отечественных концентратов, так как не обеспечивала эффективность их очистки. В связи с этим на Заводе № 12 создали принципиально новые методы очистки концентратов. Так, для очист-

ки концентратов с малым содержанием фосфора усовершенствовали и внедрили на «большом заводе» в мае 1947 г. оксалатный метод, заимствованный из «немецкой» технологии. Очистку концентратов с большим содержанием фосфора (более 0,3%) производили пероксидным методом, который позволял получать закись-окись урана, по качеству не уступающую закись-окиси урана, получаемой после эфирной очистки. Для переработки концентратов, содержащих наряду с фосфором ванадий, разработали технологию, основой которой явилась пероксидная очистка, дополненная операциями предварительного отделения ванадия с помощью фосфорной кислоты. Таким образом, на Заводе № 12 разработали, освоили и внедрили усовершенствованный оксалатный, пероксидный и фосфатно-пероксидный методы переработки отечественных концентратов, позволившие к январю 1949 г. успешно перевести завод на отечественное сырье. В дальнейшем эти методы усовершенствовались и закончились внедрением метода кристаллизации двойной углеаммонийной соли урана, что позволило устранить все трудности, связанные с ранее применявшимися методами. Эта технология стала универсальной для очистки всех концентратов и отходов производства, независимо от качественного и количественного содержания в них примесей, и позволила достичь приемлемых технико-экономических показателей. Впоследствии опыт Завода № 12 использовали на предприятиях ПГУ, связанных с переработкой урановых концентратов.

Наряду с разработкой и освоением новых методов очистки отечественных концентратов, заводом проводилась также важная работа по созданию и освоению нового метода изготовления блоков урана. Применяемый метод отливки блоков из рафинированного урана являлся процессом крайне непроизводительным и с большими потерями, поэтому был поставлен вопрос о разработке технологии изготовления блоков из слитков рафинированного урана путем обработки его давлением. Для этой цели по указанию А.П. Завенягина в 1946 г. на заводе создали экспериментальный цех для разработки новых технологических процессов по выпуску продукции способом пластической деформации урана с участками: плавильным, прокатным, прессовым, волочильным, токар-

ным, отделением герметизации изделий в алюминиевую оболочку, лабораторией металлографических исследований и механических испытаний. Значительная часть исследований проведена совместно НИИ-9, ИАЭ АН СССР, Московским механическим институтом, лабораторией механических испытаний ИОНХ АН СССР, ВИАМ, лабораторией проката ГИПРОЦМО и Заводом № 7.

В результате проведенных исследовательских и опытных работ в 1950—1954 гг. изучены основные механические характеристики и структура урана, исследованы и разработаны процессы прессования, прокатки, ковки, штамповки, волочения, отливки различных изделий и процесс термической обработки урана. С вводом в эксплуатацию в январе 1948 г. корпуса с прокатным станом (диаметр валов 300 мм) завод приступил к систематическому выпуску катаных урановых сердечников и других видов продукции. Большой вклад в организацию научных исследований и развитие производства урана внесли академик А.А.Бочвар, член-корр. АН СССР А.С.Займовский, Р.С.Амбарцумян, Г.Я.Сергеев, А.М.Глухов и др.

Одновременно с разработкой новых технологических методов производства урана на заводе освоили и внедрили методы анализов сырья и готовой продукции, организовали радиометрическую и рентгеноспектральную лаборатории и лабораторию газового анализа. Проведенная работа позволила широко развернуть контроль производства, обеспечить необходимое качество продукции. С ростом программы выпуска урановых блочков появилась необходимость в увеличении производства урановых концентратов, которые к этому времени выпускались только Комбинатом № 6. По проекту Гипроредмета в соответствии с технологией, разработанной НИИ-9, в июне 1947 г. на Заводе № 12 ввели в эксплуатацию цех по переработке богатых привозных урановых руд, полностью оснащенный отечественным оборудованием. Переработка руд проводилась по кислотно-содовой схеме с периодической загрузкой и разгрузкой оборудования. Конечным продуктом была аммонийная соль, представлявшая собой концентрат с содержанием урана 40—65%.

В январе 1948 г. по предложению А.Н.Лисовского, Н.Н.Синиченко, С.А.Царева перио-

дический процесс разложения руд заменили непрерывным, с противоточной промывкой песков на спиральных классификаторах. В 1949 г. ввели в эксплуатацию специально построенный корпус, предназначенный для переработки привозных руд с содержанием урана от 0,25 до 2 % различного минералогического состава. В отличие от технологии переработки богатых руд кислотно-содовую схему дополняло гравитационное отделение, которое позволяло максимально переводить уран и радий в гравитационный концентрат, идущий на переработку совместно с богатой рудой.

На основании достигнутых результатов была утверждена следующая технологическая схема производства урана:

обогащение руд урана с применением метода кристаллизации двойной углеаммонийной соли;

трехступенчатая кристаллизация двойной углеаммонийной соли;

эфирный метод очистки нитросоли урана;

получение черного урана фторидным методом;

рафинировочная плавка урана в печах с донным розливом;

изготовление блоков урана методом прокатки;

герметизация урановых сердечников в алюминиевую оболочку с использованием фосфатного подслоя.

Таким образом, в итоге напряженной 3-х летней работы (август 1945 — январь 1949 гг.) ввели в эксплуатацию завод по изготовлению урана и создали отечественную более совершенную технологию, обеспечившую требуемые количественные, качественные и экономические характеристики продукции. Проблема получения металлического урана высокой чистоты в СССР была успешно разрешена. Созданные на заводе мощности по производству урана позволили обеспечить урановыми блоками и другими материалами из урана пуск физического реактора в ИАЭ АН СССР и работу первого промышленного реактора в Челябинске-40 по получению плутония. Этим Завод № 12 внес огромный вклад в создание ядерной индустрии России. За успешное выполнение специального задания правительства в 1949 г. большая группа работников ПГУ и завода была отмечена правительственными наградами и Государственными премиями.

Развитая атомная промышленность с постоянно возрастающей потребностью в ядерном топливе для вновь вводимых промышленных уран-графитовых и тяжеловодных реакторов, которые строились в Челябинске-40, уже не обеспечивалась возможностями Завода № 12. К этому времени на Заводе № 544 провели основную подготовительную работу: строительство цехов и освоение технологии. Это происходило тогда, когда уже имелся некоторый производственный опыт.

Ознакомление с производством Завода № 12 и методами работы этого коллектива обеспечивали взаимодействие и конкуренцию также в борьбе за лучшие решения. 3-е Главное управление поощряло и регулировало взаимосвязь заводов. Постепенно параллельные работы сокращались, как только какое-то производство достигало высоких показателей. Это позволяло экономить большие государственные средства и обеспечивать реконструкцию и развитие смежных предприятий.

Инициатором кардинального разрешения многих проблем на Заводе № 544 являлся руководитель завода А.Р. Белов. Однажды, собрав вместе специалистов, прибывших из Электростали уже знакомых с действующим производством на Заводе № 12 и молодых инженеров Завода № 544, только что окончивших вузы, он выступил с рядом нетривиальных предложений, ориентировавших коллектив на поиск новых технологий, способных использовать все виды поступающего на завод сырья при сохранении высокого качества продукции. Научные работы проводились в режиме «мозгового штурма». Уже в марте 1949 г. научно-исследовательская лаборатория завода предложила новый способ переработки концентрата, который состоял из следующих технологических операций:

оксалатной очистки концентрата с получением черновой закиси-окиси;

тонкой химической очистки черновой закиси-окиси с получением пероксидного соединения урана;

получения тетрафторида из серноокислого раствора после переработки пероксида урана.

Схема очистки концентратов урана оксалатно-пероксидным способом показала ряд существенных преимуществ. Сердечники урана, полученные этим способом отличались высоким качеством. В августе 1949 г. в промышленную эксплуатацию был сдан химический

цех в составе 3-х отделений и цех герметизации в составе 2-х отделений.

Основным фактором, определившим трудности основного производства в начальный период его существования, стало отсутствие однотипного сырья. Так, в течение одного лишь 1950 г. завод четыре раза вынужденно переходил с одного вида сырья над ругой. Предполагалось, что в январе будет осуществлен полный перевод производства на выпуск продукции из диацетата. Но в марте из-за недостатка последнего пришлось перестраивать производство под концентрат. В сентябре вновь предприняли попытку перейти на переработку диацетата, но к декабрю пришлось вернуться к концентратам.

ПГУ усиленно развернули геолого-разведочные работы в районах урановых месторождений, проектировали и строили уранодобывающие предприятия и гидрометаллургические заводы по переработке урановых руд. Аналогичные работы в соответствии с двухсторонними соглашениями проводились в странах Восточной Европы: ГДР, Чехословакии, Болгарии, Польше, Румынии, Венгрии. Одновременно велись проектирование и строительство цехов по переработке как отечественных, так и зарубежных урановых руд и химических концентратов на Заводе № 544 в Глазове, Заводе № 906 в Днепропетровске, Заводе № 7 в Силламяэ, Заводе № 250 в Новосибирске и № «2А» в Усть-Каменогорске. На Заводе № 544 и Заводе № 250 были приняты решения об организации производства урановых блоков. Урановые руды как отечественных, так и зарубежных месторождений, а также урановые химические концентраты начали перерабатываться на Заводе № 906 в 1947 г., на Заводе № 7 в 1948 г., на Заводе № 544 в 1951 г., на Заводе № 2«А» в 1952 г., на Заводе № 250 в 1954 г. Основными поставщиками урановых руд и химических концентратов являлись рудники Дальстроя, стран Восточной Европы, Ленинабада, Фрунзе, Желтых Вод. При пуске этих заводов в значительной степени учитывался имевшийся к этому времени производственный опыт и технологические достижения Завода № 12. Дальнейшее развитие производства урана было связано с освоением производств и технологических схем вновь вводимых гидрометаллургических заводов, оно шло в направлении наращивания производственных мощ-

ностей по выпуску блоков урана и повышению их стойкости в аппаратах при эксплуатации. Проводились мероприятия по сокращению технологических циклов за счет внедрения эффективных процессов, автоматизированных комплексов и линий.

При переработке урановых руд под руководством академика Б.Н. Ласкорина ранее предусмотренные проектами кислотно-содовые схемы заменили безфильтрационной сорбционной схемой, основанной на свойствах карбоксильных смол селективно сорбировать уран из растворов и пульп. Периодическая прокалка аммоний-уранил-трикарбоната до оксидов заменилась непрерывной их прокалкой во вращающихся печах.

На Заводе № 12, Заводе № 544 и Заводе № 250 была внедрена комплексная содово-фторидная схема получения тетрафторида урана с непрерывным процессом сушки во вращающихся печах, разработанная сотрудником НИИ-10 доктором техн. наук Н.П. Галкиным. При активном участии сотрудников НИИ-10 разрабатывались и внедрялись технологические схемы по комплексной переработке урановых руд. Так, на Заводе № 906 при переработке урановых руд месторождения «Меловое» кроме закиси-окиси урана стали получать 90% концентрат редких земель и сложное минеральное удобрение — нитрофос, на Заводе № 7 — аммиачную селитру.

С целью наиболее эффективного способа очистки от примесей на всех гидрометаллургических заводах внедряются технологические схемы переработки химических концентратов по экстракционной технологии. С вводом гидрометаллургических заводов на рудодобывающих урановых предприятиях как на отечественных месторождениях, так и в странах Восточной Европы, переработка привозных урановых руд стала не целесообразной и была прекращена. Внедрение на гидрометаллургических заводах сорбционной и экстракционной технологии позволяло получать оксиды урана повышенной чистоты, а их дальнейшее совершенствование сделало возможным их перевод от выпуска закись-окиси урана на выпуск продукции повышенной качества — технического диоксида урана. Впоследствии оксиды урана стали использовать для получения тетрафторида урана без дополнительной очистки на заводе и исключать переработку урановых концентратов.

Производство урановых блоков. В 1950 г. производство металлического урана и урановых блоков было организовано на Заводе № 544 и Заводе № 250. При проектировании и освоении уранового производства на этих заводах в максимальной степени использовался уже имеющийся к тому времени опыт Завода № 12. В дальнейшем развитие и совершенствование урановых производств проходило исключительно быстрыми темпами и носило концентрированный характер.

До 1953 г. получение черного урана производилось в реакционных сосудах, футерованных фтористым кальцием в атмосфере аргона. Однако, трудоемкость и сложность подготовки футеровки, служащей лишь одну восстановительную плавку, а также относительно небольшие размеры этих аппаратов не могли удовлетворить расширяющееся производство урана. Начиная с 1952 г. в гидрометаллургических цехах стали получать черновой уран в шахтных печах, футерованных графитом. С внедрением в промышленную технологию шахтных печей резко снизились затраты на производство металлического урана, повысилась общая культура этого передела и начался бурный процесс механизации всех трудоемких операций. Получили развитие процессы, связанные с подготовкой шихтовых материалов к плавке металлического кальция и оборотной стружки, появились машины для измельчения кальция, промывки, сушки, магнитной сепарации оборотной стружки урана. Были внедрены укрупненные шахтные печи вместимостью 3,6 и 10 м³. Вместо графита в качестве футеровочного материала стали использовать чугуновые изложницы, позволившие внедрить регулируемый сифонный розлив черного материала. Параллельно с совершенствованием гидрометаллургических процессов активно велось улучшение рафинирования. Рафинирование черного урана от неметаллических примесей и растворимых газов до 1954 г. осуществлялось путем вакуумной рафинировочной переплавки в качающихся индукционных печах ИВ-60 и ИВ-100 с графитовыми тиглями. Из рафинированного металла отливались стержни диаметром 38 мм и длиной от 450 до 780 мм в графитовые изложницы.

В 1954 г. плавки начали проводить в печах, работающих по принципу донного розлива, что позволило увеличить их объем от 150 до

500 кг. Дальнейшему совершенствованию этого процесса способствовало внедрение прокатки урана, обеспечившее переход с отливки стержней на производство слитков. Увеличение размеров слитков создало возможность укрупнения плавков до 2500 кг, применения вместо графита чугунных изложниц для отливок рафинированного урана, а также резкого снижения оборотов и повышения качества урана. С переводом на укрупненные рафинировочные плавки и отливку слитков в чугунные изложницы на заводах создали реальные условия для механизации и герметизации наиболее тяжелых и вредных операций этого передела. Были разработаны и внедрены агрегаты для механизированной подготовки изложниц и тиглей к плавке, устройство для разборки печей, охлаждения, разгрузки и переработки основных и оборотных продуктов рафинировочной плавки. Эти мероприятия позволили в значительной степени снизить запыленность рабочих мест на наиболее трудоемких операциях. Сердечники стандартных блоков до 1955 г. получали методом литья стержней и последующей механической обработкой. Такая технология не обеспечивала хорошие качества изделий и являлась непроизводительной. Еще в первые годы возникновения проблемы считалось, что наиболее прогрессивным методом изготовления сердечников является обработка давлением. На Заводе № 12 делались неоднократные попытки прокатывать и прессовать уран. Первым разработал калибровку и применил прокатку и прессование урана инженер Н.А. Партин. Сотрудникам завода удалось разработать и освоить технологию прокатки урана в гамма-фазе на малоприспособленных листовых прокатных станах периодического действия. Эта технология оказалась простой и достаточно эффективной для того времени. Нагрев перед прокаткой первоначально проводился в камерных печах сопротивления с воздушной атмосферой, что приводило к большим потерям металла на окисление.

В 1954—1955 гг. сотрудники Завода № 12 и НИИ-9 разработали и внедрили индукционный метод нагрева слитков. Примерно в это же время была применена закалка штанг непосредственно после прокатки без дополнительного нагрева. При переходе на технологию прокатки значительно повысился выход годного. Однако, периодическая прокатка с применением ручно-

го труда имела ряд недостатков — низкую производительность, малый выход годного, низкую точность, нестабильность процесса. Применение механизированной прокатки на реверсивном стане на Заводе № 250 устранило некоторые недостатки, но не разрешило проблему.

В 1959 г. на Заводе № 544 создали опытный образец непрерывного стана, опыт работы которого показал перспективность этого направления. В результате совместной творческой работы коллективов сотрудников Завода № 544, Завода № 250 и НИИ-9 в 1960—1965 гг. разработали технологию и конструкцию нового шестиклетьевого непрерывного стана для прокатки слитков диаметром 90 мм. В дальнейшем в 1964—1968 гг. был создан непрерывный стан для прокатки слитков диаметром 200 мм. Одновременно разработали вспомогательные механизмы и в целом была создана и внедрена в производство автоматизированная непрерывная прокатная линия. Усовершенствование технологии калибровочной прокатки на редукционных клетях, применение солевых защитных покрытий и непрерывной резки штанг на заготовки резко повысило эффективность этой технологии. До 1957 г. механическая обработка урановых сердечников производилась на токарно-винторезных станках. К этому времени были внедрены специализированные поточные линии по обработке сердечников 2 КЛР. Внедрение автоматических линий токарной обработки явилось последним звеном механизации и автоматизации переделов обработки урана от рафинированных слитков до готовых сердечников. В 1965 г. начали промышленный выпуск сердечников на автоматизированных прокатных линиях из слитков диаметром 200 мм.

Одним из необходимых условий надежной работы блоков в ядерных реакторах является контроль качества материалов и готовых изделий. Поэтому наряду с усовершенствованием технологии получения урана проводились большие работы по разработке способов и аппаратуры контроля качества урановых изделий. Вместо выборочного контроля необходимо было внедрить неразрушающий контроль, дающий возможность осуществить 100%-ную проверку качества изделий. В середине 50-х годов техника неразрушающего контроля находилась в атомной промышленности в начальной стадии своего развития. Для решения

этих вопросов на заводах создали лаборатории автоматики, а в НИИ-9 специальную лабораторию под руководством В.В. Горского. Совместными усилиями в короткие сроки внедрили ультразвуковые приборы для оценки характера структуры сердечников и обнаружения скрытых дефектов, аппаратуру по определению чистоты урана по примесям, в также приборы для контроля геометрических размеров, плотности прилегания оболочки на торцах и по образующей и других характеристик, которые в начале 60-х годов были сведены в поточные автоматические линии контроля. Особую остроту приобрели вопросы, связанные с проблемой надежности ядерных реакторов. Пожалуй, важнейшим из направлений деятельности в решении этой проблемы стало повышение качества тепловыделяющих элементов, безотказная эксплуатация которых в основном определяет безаварийную работу не только атомных электростанций, но и промышленных реакторов. Большую роль в решении этих вопросов сыграли проводившиеся в Глазове с 1962 по 1965 гг. три отраслевые металлургические конференции. В их работе приняли участие академики А.А. Бочвар, А.П. Александров и другие ученые. Во главе всех работ по повышению надежности твэлов стоял член-корреспондент АН СССР А.С. Займовский. Большое внимание этой проблеме уделял Первый заместитель министра А.И. Чурин. На предпринятые усилия специалистов по усовершенствованию технологии изготовления и контролю качества стандартных твэлов координировались специально созданной лабораторией надежности или, как ее называли вначале «лабораторией живучести». В самый сложный период работы над проблемой на Заводе № 544 и в научно-исследовательских институтах были заняты более 500 исследователей и технологов. Результатом совместных усилий явилось достижение высокой степени безотказности твэлов.

Одним из актуальных вопросов в решении общей проблемы улучшения работы уран-графитовых реакторов являлось повышение качества и высокой коррозионной стойкости материалов, применяемых для изготовления оболочек ядерного топлива. Для первых прямоточных реакторов типов АВ, И-1 и АДЭ до 1961 г. оболочку стандартных блоков изготавливались из сплава АМСН (алюминий мягкий специально-

го назначения), предложенного сотрудниками ВИАМ Г.В. Акимовым и Р.С. Амбарцумяном. Применение алюминия марки АМСН было обусловлено малым поперечным сечением захвата тепловых нейтронов, высокой теплопроводностью, стабильностью структуры и механических свойств при воздействии облучения, а также относительно высокой стойкостью в технологической (речной и озерной) воде. Кроме того, высокая технологичность этого материала позволяла изготавливать из него тонкостенные изделия достаточно сложного профиля. Однако, длительная эксплуатация прямоточных реакторов показала, что вследствие коррозионного разрушения наблюдался высокий выход из строя оболочек урановых блоков. С увеличением мощности промышленных реакторов и строительства двухцелевых реакторов энергетического типа (ЭИ-2 и АДЭ), охлаждаемых дистиллированной водой при температуре 160—195 °С, потребовалось увеличение коррозионной стойкости алюминиевых сплавов для оболочек блоков. Для этих целей НИИ-9 и ВИАМ был рекомендован и в 1961 г. осуществлен переход на изготовление оболочек для стандартных блоков из более коррозионно-стойких сплавов Б-1 и Б-1Г. До 1967 г. алюминиевые сплавы оболочек стандартных блоков производились на Ленинградском заводе по обработке цветных металлов. В 1966 г. на Заводе № 544 организовали участок по изготовлению алюминиевых сплавов и внедрили технологию получения оболочек для герметизации сердечников из сплавов Б-1 и Б-1Г методом обратного выдавливания. Впоследствии заготовками из этого сплава обеспечивались все заводы по производству блоков. Живучесть блоков, определяющая эффективность и надежность уран-графитовых реакторов, во многом зависит не только от надежности оболочки блока, но и от ее герметичности. Герметизация стандартных блоков в первоначальный период производилась путем очехловки фосфатированных сердечников в алюминиевую оболочку и теплового обжаривания в кассетах по технологии, разработанной ВИАМ. Впоследствии герметизация блоков стала производиться с применением никелевого подслоя с газовым обжатием по технологии, разработанной П.П. Пытляком в НИИ-13. В обоих случаях технология герметизации блоков была основана на закатке оболочки и пайке ее ободка с подкладным дном и до 1959 г. вполне удовлетворяла

предъявляемым в то время требованиям. Однако, с повышением в 1959—1960 гг. мощности аппаратов скрытые недостатки этой технологии явились одной из причин значительного увеличения числа зависаний.

В 1961 г. заводы-изготовители совместно с НИИ-9 провели мероприятия по модернизации и совершенствованию существующей технологии герметизации блоков — исследовали различные способы сварки алюминиевых сплавов. В результате выяснилось, что для герметизации алюминиевых оболочек наибольшая стабильность и лучшее качество обеспечиваются электронно-лучевой сваркой. Под руководством Л.К. Дружинина из НИИ-9 для этой цели были разработаны и НИАТ изготовлены установки ЭЛУ-2. Новую технологию, основанную на использовании электронно-лучевой сварки и освоенную вначале на Заводе № 12 в 1962 г. впоследствии внедрили на всех предприятиях отрасли.

Большой комплекс работ по совершенствованию стандартных блоков проводился и в связи с повышением энергонапряженности в проточных и энергетических реакторах. Для повышения энергонапряженности в проточных реакторах, которая сдерживалась из-за массового растрескивания сердечников, были внесены уточнения в химический состав урана. Для повышения энергонапряженности в энергетических реакторах, которая сдерживалась из-за нарушения целостности оболочки в районе торца, разработали и внедрили технологию производства блоков с толстыми донышками. С той же целью применяли способ никелирования сердечников в режиме качения, который исключал образование контактных пятен и позволял получать повышенную толщину защитного никелевого барьера на торцевых поверхностях. Наряду с совершенствованием стандартных блоков для повышения энергонапряженности НИИ-9 и заводы-изготовители вели разработку новых конструкций блоков для уран-графитовых реакторов и технологии их изготовления, были разработаны и изготовлены в промышленных условиях блоки: одностороннего охлаждения с внутренним отверстием в сердечнике (пустотелые блоки); двухстороннего охлаждения (втулочные блоки); биметаллические блоки.

Таким образом, в результате напряженной совместной работы заводов по изготовлению

урановых блоков и научно-исследовательских институтов к началу 70-х годов было создано автоматизированное, высокоэффективное промышленное производство твэлов для уран-графитовых реакторов, основанное на широком использовании новых и усовершенствованных технологических процессов, высокопроизводительных автоматических линий, автоматов. Это обеспечило высокое и стабильное качество выпускаемых изделий. Впоследствии, в связи с усовершенствованием технологии, значительным повышением стойкости урановых блоков в процессе эксплуатации, их производство прекратили сначала на Заводе № 12, а затем и на Заводе № 544 и сосредоточили на Заводе № 250.

В результате проведенной реорганизации металлургию урана, включающую получение тетрафторида урана, восстановительную и рафинировочную плавки сосредоточили на Заводе № 544. Последующую горячую и холодную обработку урана, изготовление сердечников и герметизацию твэлов на полную потребность отечественных уран-графитовых реакторов организовали на обновленных производственных мощностях Завода № 250, при этом технология, оборудование и система контроля качества на заводах были выполнены с учетом самых лучших достижений предыдущих периодов. Эти мероприятия обеспечивают высокую надежность работы промышленных реакторов и до настоящего времени.

За успешное разрешение проблем эксплуатационной надежности твэлов, комплексное усовершенствование уранового производства группа специалистов заводов и НИИ-9 была удостоена Государственной премии СССР в 1979 г.

На основе опыта Завода № 12 и Завода № 544 в области химико-металлургической технологии, создавалось многономенклатурное производство изделий из обедненного урана, поступающего из газоразделительных установок на Завод № 544 в виде гексафторида. Для его переработки опробовали несколько методов: газопламенный и гидрометаллургический.

Для крупного производства (в отличие от работы с обогащенным материалом), выбрали химический метод. В его основе был гидролиз гексафторида и получение углеаммонийной соли. Из нее получали диоксид урана, затем тетрафторид и далее металл уже отработанным

методом. Часть металла в виде диоксида, получаемого по особым режимам, направлялась на Завод № 12 для изготовления твэлов зоны воспроизводства для реакторов типа БН. Металл после восстановительной плавки подвергался рафинированию и легированию с получением ряда сплавов. Изделия различного назначения изготавливались как из сплавов, так и из нелегированного урана. Эти изделия применялись в: гамма-терапевтических аппаратах «Рокус-М», «Агат-Р» и «Агат-С» для облучения злокачественных опухолей;

гамма-дефектоскопах «Рид» и «Магистраль», предназначенных для контроля сварных швов; гамма-дефектоскопах «Стапель-5», «Стапель-20М», «Рид-32» и «ДВС», предназначенных для использования в судостроительной промышленности, а также в транспортно-перезарядных контейнерах для источников гамма-излучения, спецпродукции.

Производство металлического кальция. Промышленным производством металлического кальция Советский Союз в 1945 г. не располагал. Поэтому на Заводе № 12 организовали такое производство. Базой для создания кальциевого производства была технология германской фирмы «И.Г. Фарбениндустри». По этой технологии получение металлического кальция велось методом электролиза расплавленного хлористого кальция с катодом касания с последующей его дистилляцией. По проекту Гиредмета в начале 1946 г. на Заводе № 12 была пущена в эксплуатацию опытная установка по получению кальция по «немецкой» технологии, а в июне 1946 г. началось строительство опытного цеха, данные для проектирования которого получили на опытной установке. В октябре 1946 г. опытный цех выдал первые килограммы отечественного дистиллированного кальция. Одновременно с освоением технологического процесса в опытном цехе создавалось новое производство для промышленного выпуска кальция в необходимых количествах. В мае 1948 г. производство ввели в эксплуатацию, а опытный цех закрыли. В это же время началось внедрение отечественной технологии получения металлического кальция. По предложению советских ученых А.Л. Энглина, А.С. Микулинского и В.С. Иоффе была освоена технология электролиза расплавленного хлористого кальция методом «жидкого катода». В мае 1950 г. Завод № 12 полностью пере-

шел на электролиз с «жидким катодом». До 1953 г. для использования на операции металлотермического восстановления (извлечения) урана из тетрафторида на Завод № 544 и Завод № 250 кальций поступал из Биттерфельда, а также из Электростали. Необходимость его длительной транспортировки не лучшим образом сказывалась как на ритмичности поставок, так и на качестве продукта. При перевозке и хранении кальций подвергался окислению и поэтому требовал дополнительной очистки перед использованием. С этой целью уже первоначально в проекте Завода № 544 был предусмотрен цех приготовления кальция (дистилляция). Он начал функционировать в сентябре 1949 г. и уже в ноябре выдал первую продукцию — слиток металлического кальция весом 13 кг. Тем временем запасы импортного кальция в начале 50-х годов почти иссякли, а производственные мощности в Электростали с развитием потребностей урановой промышленности в кальции оказались недостаточными. Возникла острая необходимость в организации производства металлического кальция, способного обеспечить этим продуктом всю отрасль. Вначале предполагалось разместить его на территории строящегося предприятия в Усть-Каменогорске. Но в 1953 г., когда стало ясно, что достигнутая Заводом № 544 производительность позволяет сконцентрировать урановое производство в одном лишь Глазове, руководство Министерства среднего машиностроения приняло решение об организации получения металлического кальция по месту его основного потребления, т.е. непосредственно на Заводе № 544. Работы по проектированию и возведению производственных корпусов начались немедленно. Уже в ноябре 1954 г. первая очередь производства мощностью в 2000 т кальция была сдана в эксплуатацию. В августе 1956 г. была принята в эксплуатацию вторая очередь кальциевого производства. Технология получения металлического кальция, внедренная на Заводе № 12 и Заводе № 544, со значительно усовершенствованными оборудованием утилизацией хлора и технологическими приемами является промышленным методом производства металлического кальция в Российской Федерации и в настоящее время.

Увеличение производственных мощностей позволило к началу 50-х годов снабжать металлическим кальцием в виде стружки производст-

во урана и плутония. В последующие годы в этих производствах значительно расширилась номенклатура продукции. На Заводе № 544 организовали выпуск монокристаллического кальция высокой чистоты необходимого для кальцийтермического восстановления циркония и обедненного урана, производство проволоки, используемой в металлургии для повышения качества стали путем ее раскисления. На Заводе № 12 было организовано производство кальциевой фольги, используемой в электротехнической промышленности. Металлический кальций в различных видах поставлялся также на экспорт.

Производство радия и радиоактивных источников. В 1949 г. Постановлением Совета Министров СССР было принято решение об организации на Заводе № 12 производства по получению солей радия (в виде бромидов радия) для удовлетворения нужд народного хозяйства, оборонной промышленности, медицины и пополнения запасов радия в Госфонде СССР. Сырьем служили отходы переработки урановых руд, в которых радий присутствует в микроколичествах. Проектирование производства велось ГСПИ-12 с участием ГСПИ-11 по технологии, разработанной РИАН СССР. К этому времени в СССР существовало производство, в котором в незначительных количествах получали радий-мезоторий, извлекаемый из природных вод. В конце 1949 г. работники завода прошли обучение на этом производстве. В июне 1950 г. цех по получению солей радия ввели в эксплуатацию и начали осваивать производство. Основная сложность состояла в выделении микроколичеств радия на носителе-барии, а затем отделении радия от бария. Технология включала более 2000 операций (варок, фильтраций, кристаллизаций, репульпаций и т. д.). В результате из шламового концентрата (около 1% массы урановой руды) с содержанием 50—1000 мг радия на тонну шлама получали чистую соль (бромид радия) с содержанием около 58% радия. В октябре 1950 г. получили первые кондиционные препараты соли радия, а в конце года — 5,2 г бромида радия. Параллельно на Заводе № 544 в 1951 г. в опытно-промышленном цехе запустили установку для получения сульфата радия на носителе — сульфате бария. Работа проводилась совместно с РИАН СССР. В проекте рудного цеха Завода № 544 было предусмотрено также отделение по получению шламового концентрата радия. Это от-

деление выпускало крупные партии такой продукции. Однако через некоторое время выпуск его прекратили. Радий, как источник альфа-, бета- и гамма-излучения радона, является одним из самых опасных веществ для здоровья обслуживающего персонала. В этом состояла дополнительная сложность в освоении производства солей радия. В процессе освоения и совершенствования технологии, механизации процессов и отдельных операций, а также в результате проведения организационных мероприятий были достигнуты такие условия труда, когда на рабочих местах все виды «вредностей» не превышали нормы.

В результате освоения технологии и ее совершенствования выпуск препаратов радия в 1956 г. резко возрос и Завод № 12 полностью обеспечил потребность страны в радии.

В 1957 г. на основании Постановления Совета Министров СССР от 20 июня 1956 г. производство солей радия прекратили на Заводе № 12 и занялись изготовлением из накопленных солей радия источников излучения для нужд народного хозяйства. В 1958 г. начали производить гамма-источники 12 видов, радий-бериллиевые нейтронные источники четырех видов и множество жидких источников для получения радия-радона. В 1967 г. изготовление всех источников излучения на Заводе № 12 было прекращено.

Производство солей металлического тория. Быстрое развитие атомной промышленности и значительные потребности в ядерном топливе привлекали внимание к торью, который в результате облучения в ядерном реакторе стал источником получения вторичного ядерного топлива — урана-233 и позволил пополнить запасы делящихся материалов. Производство солей тория было организовано на Заводе «А» в конце 1946 г. и на Заводе «2А» в 1948 г. Однако, в связи с изменившимися планами по использованию тория в декабре 1951 г., производство солей тория на заводе «2А» по решению ПГУ прекратили и начали реконструкцию цеха под производство урана и тантала. Работы по организации производства тория на Заводе «А» проводились заводом совместно с Гиредметом и Подольским опытным заводом, где к этому времени такое производство уже существовало. Материальная база для организации производства тория состояла в основном из старого оборудования, применявшегося на за-

воде для других производств. Однако, в 1947 г. был организован первый цех по производству солей тория, сырьем для которого служили отечественные монацитовые концентраты и различные трофейные концентраты тория. Переработка ториевого сырья велась по сернокислотной технологии с получением фторида тория, годного для электролиза. Монацитовый концентрат обрабатывался крепкой серной кислотой при температуре до 300 °С в громоздких сульфатизаторах. Загрузка сырья, перемешивание и выгрузка реакционной массы производилась вручную. В связи с наличием агрессивных реактивов все технологические операции производились в гуммированном и освинцованном оборудовании.

В 1949 г. были проведены мероприятия, связанные с осуществлением разложения монацитового концентрата в барабанном сульфатизаторе в виде непрерывного механизированного процесса, что значительно улучшило ведение процесса и условия труда работающих. Первая схема получения фторида тория требовала значительно меньше дорогостоящих реактивов (щавелевая и плавиковая кислоты) и позволяла утилизировать редкоземельные элементы, содержащиеся в монацитовом концентрате.

Работы по получению металлического тория электролизом расплава фторидно-хлоридной системы начали на Заводе «А» в 1947—1948 гг. Полученный катодный продукт измельчался, выщелачивался и классифицировался на вибросите, подвергался травлению азотной кислотой и магнитной сепарации для очистки от железа. Порошок сушился эфиром и спиртом, анализировался на примеси и передавался для получения компактного тория металлокерамическим методом. Порошок металлического тория прессовался на гидравлических прессах в плоских разборных пресс-формах. Изделия сушились и спекались в вакууме. Для уплотнения изделия подвергались калибровочному прессованию с последующим отжигом в вакууме. Обработкой на токарных станках получали изделия нужной геометрии.

С 1947 по 1956 гг. Завод «А» полностью обеспечил потребность нашей промышленности в солях тория и компактном металле, и в августе 1956 г. производство тория на заводе было прекращено. Однако, в связи с ростом мирового производства тория в 1958 г. Министерство приняло решение возобновить произ-

водство солей тория на Заводе «А». К этому времени сотрудники НИИ-10 и завода разработали методы вскрытия монацита раствором едкого натра и разделения тория и РЗЭ методом экстракции трибутилфосфатом. В результате была разработана новая щелочно-экстракционная технологическая схема переработки монацита на чистые соли тория, которую реализовали на заводе в 1962—1963 гг. До 1967 г. на Заводе «А» по данной схеме выпускались оксалат тория и азотнокислый торий. В 1958 г. начали производство «пудры» тория для радиотехнической промышленности.

В дальнейшем в связи с изменившимися планами по использованию ториевого цикла производство солей тория и получение металлического тория на Заводе «А» прекратили.

Производство металлокерамических изделий из обогащенного урана. В июле 1951 г. руководством ПГУ принимается решение об организации на Заводе № 12 производства металлокерамических изделий из обогащенного урана, используемых в качестве ядерного топлива в промышленных уран-графитовых реакторах для наработки трития. С этой целью создали новое структурное подразделение, призванное освоить новую технологию по переработке и очистке закись-окиси обогащенного урана, получения слитков металлического урана, уранового порошка (крупки) и порошка магния, прессования металлокерамических сердечников и их герметизации в алюминиевую оболочку.

Металлокерамические изделия состояли из порошков урана, обогащенного изотопом уран-235 до 2%, и магния. В качестве сырья использовали загрязненную закись-окись обогащенного урана, поступающую с диффузионных заводов. Весь химико-металлургический передел нового производства спроектировали аналогично производству природного урана, действовавшему в тот период на заводе с учетом ядерной безопасности аппаратуры и процессов. В основу была положена оксалатная очистка закиси-окиси для получения тетрафторида урана, который восстанавливался кальцием в реакционных сосудах с получением металла в слитках. Слитки урана измельчались до порошка резанием и истиранием. Аналогично получались и порошки магния. Порошки определенной фракции, осветленные и высушенные, смешивались в определенной пропорции и посредством известных процессов холодного

прессования превращались в шашки, из которых путем экструзии получались прутки и трубы для различного типа изделий. На токарных станках обрабатывались заготовки для герметизации в алюминиевую оболочку. Цилиндрические заготовки герметизировались аналогично стандартным урановым блокам, а заготовки для кольцевых блоков помещались в трубчатый стакан из алюминиевого сплава марки АМСН, получаемый из труб путем выворотки за несколько переходов. Работа с обогащенным ураном имела свои специфические особенности. На всех стадиях химико-металлургического передела требовалось осуществление процессов и аппаратуры в ядерно-безопасном исполнении. В короткие сроки бригады завода под руководством инженера Д.И. Лисовского создали ядерно-безопасные аппараты растворения сырья и отходов, осаждения и кристаллизации, сушки и прокалки солей, сорбции и десорбции урана из растворов. Вместо малопроизводительных осадительных процессов внедрили экстракционную технологию. Работа с обогащенным ураном оказывала неблагоприятное влияние на обслуживающий персонал, особенно при проведении таких операций как восстановительные плавки, токарная обработка слитков, истирание стружки и т. д. Санитарно-гигиенические условия труда были значительно улучшены, когда получение порошка из компактного урана заменили получением пиропорошка урана, разработанным в НИИ-9. Этому также способствовало сосредоточение химико-металлургических и пиро-металлургических процессов в специально спроектированных и построенных корпусах.

Наряду с изготовлением серийных и мелкосерийных изделий для промышленных реакторов, начиная с 1953 г. по заданию ПГУ на Заводе № 12 изготавливались изделия из металлокерамики для исследовательского материаловедческого реактора «МР» — твэлов типов ЭК-9 и ЭК-10. Металлокерамические изделия выпускались до 1956 г. и впоследствии заменялись на изделия дисперсионного типа. Огромную работу по созданию химико-металлургического передела для получения металлического обогащенного урана, конструкций металлокерамических изделий и технологии их изготовления провели ученые и инженеры ИАЭ АН СССР, ВИАМ, НИИ-13 и коллектив Завода № 12.

Разработку типов изделий и конструкцию

контрольно-измерительных приборов осуществили в ИАЭ АН СССР. Научным руководителем этой проблемы являлся академик И.В. Курчатov. Большой вклад в разработку технических требований внесли его заместитель доктор техн. наук В.В. Гончаров и начальник Сектора № 9 В.И. Меркин.

Разработка технологии получения порошка из обогащенного урана, порошка металлического магния, получения металлокерамических изделий и их герметизации была осуществлена ВИАМ под руководством чл.-корр. АН СССР Р.С. Амбарцумяна. Непосредственное участие в разработке технологии и освоении выпуска изделий принимали сотрудники ВИАМ канд. техн. наук А.М. Глухов и А.И. Киселев. Работы по совершенствованию технологии герметизации металлокерамических изделий проводил НИИ-13 под руководством канд. техн. наук П.П. Пытляка.

Параллельно выпуску металлокерамических изделий развернули работы над созданием дисперсионных твэлов. В конце 1956 г. в НИИ-9 началось создание блока для тяжеловодных аппаратов ОК-180, ОК-190 и ОК-190М, в которых эксплуатировались кольцевые блоки из металлического урана с 2%-ным обогащением.

Кольцевой сердечник блока имел алюминиевую основу, в которой равномерно распределялось ядерное топливо 6—10%-ного обогащения по урану-235. В качестве дисперсного материала использовались диоксид урана или интерметаллид урана. По технологическим разработкам НИИ-9 организовали опытное производство дисперсионных твэлов на Заводе № 12 и подольском опытном заводе.

В 1960 г. по разработкам НИИ-9 под руководством доктора техн. наук Я.Д. Пахомова на Заводе № 12 было создано производство дисперсионных блоков (КВК) для тяжеловодных аппаратов ОК-180 и ОК-190 с сердечниками из диоксида или закиси-оксида урана с обогащением по урану-235 80%, распределенных в алюминиевой матрице. Дисперсионные твэлы должны были заменить блоки с сердечниками из металлического урана 2%-ного обогащения в тяжеловодных реакторах. В 1961 г. на Заводе № 12 по разработкам НИИ-9 создали производство дисперсионных твэлов цилиндрической формы из диоксида урана 21%-ного обогащения в алюминиевой матрице для уран-графитового промышленного аппарата АВ-3. В

марте 1962 г. по решению Министерства на площадках бывшего цеха по переработке урановых руд аналогичное производство по изготовлению дисперсионных твэлов типа АВ началось на Заводе № 250. При проектировании этого производства и его освоении в максимальной степени использовался имевшийся к тому времени опыт Завода № 12 по изготовлению аналогичных изделий. В первоначальный период в качестве исходного сырья для изготовления дисперсионных блоков использовали закись-окись урана, получаемую от разделительных заводов, которая водородом восстанавливалась до диоксида урана. В 1966 г. Министерство приняло решение использовать в качестве исходного сырья для производства металлокерамических и дисперсионных изделий гексафторид урана вместо применявшейся закиси-окиси урана. Для переработки гексафторида в диоксид урана применялись различные методы: на Заводе № 12 — газопламенный метод, основанный на сжигании в кислородно-водородном пламени в установке «Сатурн» с последующим обезфториванием полученного диоксида в печи; на Заводе № 250 — гидролизно-экстрационный способ переработки гексафторида урана в диоксид, основанный на гидролизе гексафторида в растворе нитрата алюминия.

Эксплуатация блоков дисперсионного типа вместо металлокерамических изделий на тяжелых реакторах улучшила их физические характеристики, значительно увеличила энергонапряженность на блок благодаря высокой теплопроводности сердечника и мощность аппаратов, стабилизировала их работу и сократила количество остановок в год за счет высокой эксплуатационной стойкости блоков.

Металлокерамические дисперсионные блоки типа АВ позволили перевести промышленный уран-графитовый реактор АВ-3 в реактивный режим и нарабатывать в нем новую продукцию. Использование блоков типа АВ в качестве «растопочных» на всех уран-графитовых промышленных реакторах повысило запас реактивности аппаратов и значительно увеличило эффективность их работы.

В 1963 г. разработчики дисперсионных твэлов были отмечены Ленинской премией. В 1964—1965 гг. НИИ-9 совместно с Заводом № 12 и Заводом № 250 отработали технологию и выпустили опытные партии дисперсионных

твэлов для реактора АИ. В 1965 г. создали дисперсионный блок АИД-80 для перевода реактора АИ в модернизированный режим работы, позволяющий наряду с испытанием урановых блоков новой конструкции производить наработку «ксенона» и полония-210 (при использовании висмутового блока-вытеснителя) для нейтронных источников и изотопных источников тока. В 1966—1967 гг. эти изделия серийно производились на Заводе № 12. В 1967 г. было принято решение о переводе производств дисперсионных блоков на диоксид урана 90%-го обогащения. Это повысило удельную энергонапряженность, подняло содержание урана-235 в блоке без снижения физико-механических свойств материала сердечника, стабилизировало работу реакторов и увеличило наработку продуктов, производимых на реакторе.

В связи с созданием специализированного серийного производства дисперсионных твэлов на Заводе № 250, которое полностью обеспечивало выпуск различных изделий одно- и двухстороннего охлаждения типов ДАВ, КВК, АИД и других на основе обогащенного диоксида урана, производство дисперсионных твэлов на Заводе № 12 прекратили. Дальнейшее развитие и рационализация этих изделий на Заводе № 250 были связаны с организацией производства изделий для активной зоны реактора «Руслан». В 1968 г. начали проектирование и строительство в Челябинске-40 нового промышленного легководного реактора бассейнового типа «Руслан». Основными конструктивными элементами реактора, составлявшими его активную зону, явились кассеты рабочие, кассеты СУЗ и радиального экрана, центральные сборки с литиевыми блоками-поглотителями различных типоразмеров и стержни СУЗ. Обширная и сложная программа по разработке и изготовлению ТВС типа «Руслан» проводилась заводом совместно с НИИ-8, НИИ-9 под научным руководством ИАЭ АН СССР в течение 1965—1974 гг. в несколько этапов. В результате ее реализации потребовалась коренная реконструкция созданного производства, организация хорошо оснащенной технической базы по производству инструмента, технологической оснастки, приспособлений и измерительных средств. Для изготовления различных концевых и комплектующих деталей кассет требовалось создание специаль-

ного производства, в котором были бы реализованы не только технологии резанием и литейная, а также технология прессования профильных заготовок, максимально приближенных к конфигурации и размерам готовых изделий. В 1982 г. за данную разработку и промышленное внедрение ее результатов группа специалистов была удостоена Государственной премии СССР.

Производство лития и литиево-алюминиевых блоков. Создание термоядерного оружия требовало организации высокообогащенного (до 90%) изотопа лития-6. Вначале такое опытно-экспериментальное производство было организовано на одном из предприятий в Кирово-Чепецке. Постановлением Совета Министров СССР от 1 октября 1954 г. Заводу № 12 поручили организовать производство изотопов лития и выпуск обогащенного изотопом литий-6 хлорида лития. Получение обогащенного изотопа лития-6 из природного лития, в котором его содержится около 7,5%, осуществлялось на специальных разделительных каскадах, отличавшихся высокой сложностью, уникальностью; повышенными требованиями к непрерывности работы, взрывобезопасности, герметичности, надежности и высокой вредностью циркулирующей в каскаде ртути. В конце 1954 г. на Заводе № 12 началось строительство специального корпуса. Для разделения изотопов лития использовали технологическую схему изотопно-обменного каскада, разработанную коллективом Ленинградского физико-технического института АН СССР (ЛФТИ) под руководством академика С.П. Константинова, которая предусматривала получение обогащенного (90% по литию-6) хлорида лития в непрерывном процессе. Проектирование всего комплекса осуществлял ГСПИ-12, разработку и изготовление оборудования для каскадов разделения выполнил Свердловский НИИХИММАШ. Сырье в виде кристаллов гидроксида лития поставляли из Красноярского химико-металлургического завода. Подготовленный раствор электролита LiOH поступал в электролизер, катодом в котором служила ртуть, а анодом — никель. В электролизере шел процесс образования амальгамы, которая поступала на разделительный каскад, после прохождения которого шло разложение амальгамы водой и отделение ртути от обогащенного изотопа лития-6. Ртуть

возвращалась в начало процесса. Литий-6 соляной кислотой переводился в хлористый литий, который упаривался и в виде кристаллов отправлялся предприятиям. При разделении изотопов на разделительном каскаде обедненные по литию-6 растворы противотоком поступали также в начало процесса. Отвальные растворы гидроксида лития (99,6% по литию-7 и 0,4% по литию-6) упаривались и в виде кристаллов использовались в народном хозяйстве. Основная трудность при освоении технологии заключалась в обеспечении циркуляции прямого и обратного потоков по всей длине разделительного каскада, состоящего из 180 разделительных ступеней, распределенных в наклонных колонках диаметром 450 мм и длиной 9 метров, оснащенных мешалками из перфорированных дисков винипласта, закрепленных на валу, который проходил по всей длине колонны. Не менее сложной оказалась проблема транспортирования амальгамы. Винтовые насосы объемного действия, созданные Волгоградским заводом «Баррикады», имели приемлемую герметичность и обеспечивали подъем амальгамы на высоту более 10 метров. Длительная и устойчивая работа технологических аппаратов разделительного каскада достигалась высокой степенью автоматизации управления процессом. В мае 1956 г. получили первый продукт.

Кроме разделительного производства в 1956 г. на Заводе № 12 был создан опытный участок по получению металлического лития. Отработка технологии и оборудования по разделению изотопов лития, производившаяся одновременно в Кирово-Чепецке и на Заводе № 12, а также данные, полученные при отработке технологии металлического лития и гидридов лития послужили основой для проектирования аналогичного производства на Заводе № 250. С пуском этого производства в Новосибирске производство разделения изотопов лития в Кирово-Чепецке и на Заводе № 12 в 1961 г. прекратили.

В конце 50-х гг. Правительством принимается решение об организации на Заводе № 250 крупного производства металлического лития, его соединений и изделий из гидрида лития. Для осуществления разделения изотопов лития использовали технологическую схему изотопно-обменного каскада, разработанную ЛФТИ АН СССР, которая в это время прохо-

дила проверку в Кирово-Чепецке и на Заводе № 12. Для проверки технологической схемы создаваемого производства и подготовки обслуживающего персонала в декабре 1956 г. создали опытно-промышленную установку, на которой в мае 1957 г. получили готовую продукцию — гидрооксид лития-6 с содержанием изотопа лития-6 более 90%. Для концентрирования растворов гидрооксида лития после электролизно-обменного процесса была спроектирована выпарная трехкорпусная установка, работавшая под давлением. Вывод из процесса обедненного по изотопу литий-6 гидрооксида осуществлялся путем упаривания и кристаллизации последнего. Для дальнейшей переработки обогащенного по литию-6 гидрооксида был предусмотрен отдельный передел очистки раствора с получением хлорида лития-6. В состав производства входило также отделение получения дейтерида лития-6 с контрольной лабораторией. Создание литиевого производства в Новосибирске осуществлялось в соответствии с приказом начальника ПГУ А.П. Завенягина от 15 июня 1954 г. В течение 1956—1957 гг. велись строительно-монтажные работы основного комплекса и осуществлялась подготовка кадров с использованием опыта заводов в Электростали и Кирово-Чепецке, а также на собственной опытно-промышленной установке. В конце 1957 г. завершили строительство самого крупного в СССР производства по разделению изотопов лития и начали освоение сложных технологических схем. Первое время не удавалось достичь необходимой степени обогащения по литию-6. Получаемый в этот период полупродукт передавался на опытную установку для доведения его до кондиции. Стабильный отбор обогащенного до 90% гидрооксида лития-6 начался в апреле 1958 г., а к концу 1959 г. были введены в эксплуатацию все спроектированные мощности. С освоением производства выявились несовершенство схемы и необходимость коренной модернизации установленного оборудования в условиях уже действующего производства. В 1958—1967 гг. предприятием осуществлялась реконструкция этого производства, модернизация оборудования, проводился большой комплекс усовершенствований, которые полностью стабилизировали процессы, улучшили проектные показатели. Для проводимых в СССР научных работ и обеспечения высоко-

качественным теплоносителем специализированных энергетических реакторов в 1960 г. на заводе производили изотопы лития-7 высокой степени обогащения в виде различных соединений. Особым разделом работ в литиевом производстве являлось получение водородных соединений лития. В 1956 г. разработали проектное задание на производство дейтерида лития-6 во вновь строящемся здании. К концу 1958 г. строительство комплекса завершилось. В короткий срок освоили технологическую схему и в декабре 1958 г. выпустили первую партию дейтерида лития-6. Одновременно с вводом в эксплуатацию производственных корпусов в цеховых лабораториях осваивали новые сложные и совершенные методы анализа литиевой продукции: флотационный и масс-спектрометрический методы определения изотопного состава лития, вакуум-термические методы определения газов в порошках дейтерида, методы пламенной фотометрии для определения малых количеств лития, натрия, калия. Рост плановых заданий привел к дальнейшему развитию технологии и усовершенствованию аппаратного оформления процессов получения гидридов и дейтерида лития, в связи с чем в 1966—1967 гг. в этом производстве была проведена реконструкция. В дальнейшем для нужд химической промышленности создали производство гидроксида лития природного состава и начали опытные работы по получению гидроксида лития непрерывным методом.

Значительное место в производстве лития заняли работы по получению металлического лития и его солей. В 1959 г. Сибкадемпроект разработал проектное задание получения соединений лития из вторичного гидрооксида лития. В конце 1960 г. строительно-монтажные работы завершили и в короткий срок наладили выпуск хлористого, углекислого, сернокислого, металлического лития и гидроксида лития без сопутствующих щелочных металлов как для народного хозяйства, так и на внешний рынок.

В 1962 г. в соответствии с Постановлением Правительства о создании бортовых ядерных станций для космических аппаратов завод провел большой объем экспериментально-исследовательских работ по разработке технологии, конструированию оборудования и созданию производства по заливке расплавленным

гидридом лития корпусов отсеков теневого защит для установок БЭС-5, БЭС-5Т и ТЭУ-5.

В начале 50-х годов была поставлена задача разработать материалы и технологические процессы получения трития и его соединений для производства термоядерного оружия. Разработку промышленного способа производства изотопов водорода-дейтерия, а также их соединений ${}^6\text{Li}(\text{D},\text{T})$ осуществил НИИ-9. В начале 1953 г. в качестве литий-содержащего материала для облучения в ядерном реакторе АИ использовали химическое соединение — сульфат лития. Однако возникновение тритированных паров воды при термообработке облученных блоков с кислородсодержащим соединением приводило к возникновению радиационной опасности утечки трития в окружающую среду. В связи с этим сульфат лития заменили на сплав алюминий-литий.

В 1963 г. на Заводе № 250 создали производство литий-алюминиевых блоков с очехловкой в алюминиевую оболочку. Технология производства блоков сводилась к выплавке литиево-алюминиевых сплавов, получению из них трубных заготовок, холодной прокатке горячепрессованных труб, изготовлению втулок из литиево-алюминиевых сплавов, получению оболочек из алюминиевых сплавов, сборке и калибровке блоков, закатке и сварке оболочек. Изготовление блоков проводилось на свободных площадях других цехов, где устанавливалось необходимое оборудование. Уже в конце 1963 г. заводом совместно с НИИ-9 была изготовлена первая промышленная партия литиево-алюминиевых блоков одностороннего охлаждения. В 1964 г. завод совместно с НИИ-9 освоил и организовал производство литиево-алюминиевых блоков двухстороннего охлаждения, снаряженных сплавом с 20% лития 90%-ного обогащения по литию-6.

Параллельно выпуску опытных партий проводились строительные-монтажные работы по организации производства литиево-алюминиевых блоков. Вначале при выпуске первых партий блоков оболочки из алюминиевых сплавов для них изготавливались из труб, поставляемых Ступинским металлургическим заводом. Впоследствии втулочные оболочки стали изготавливаться из прутка методом обратного выдавливания. Вместо менее эффективной аргоно-дуговой сварки была внедрена электронно-лучевая сварка катаного кольцевого торца.

В результате было организовано и полностью отлажено специализированное производство литиево-алюминиевых сплавов, изделий из них самых разнообразных конструкций и геометрических размеров. Облучение литий-алюминиевых блоков осуществлялось в реакторах ОК-180, ОК-190, ОК-190М и затем «Руслан» и «Людмила».

Производство твэлов и ТВС. В начале 50-х годов параллельно выпуску металлокерамических изделий для промышленных реакторов на Заводе № 12 началось освоение и выпуск тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок для исследовательских реакторов бассейнового типа, которыми оснащали исследовательские центры как в СССР, так и за рубежом. Твэлы ЭК-9, ЭК-10, собранные в кассеты с чехлом из алюминия, которые использовались в первых исследовательских реакторах, по применяемой композиции (магний-уран) и технологическим приемам были аналогичны металлокерамическим изделиям. В этот же период для материаловедческого реактора «МР» осваивалась технология получения трубчатых твэлов, которые по своей конструкции (длина, диаметр) и использованию урана различных степеней обогащения (от 5 до 90 %) существенно отличались от металлокерамических изделий. Изготовление трубчатых твэлов заключалось в совместном выдавливании активного материала и толстостенного стакана из алюминия. Была разработана и внедрена в производство широкая гамма различных по диаметру, высоте, профилю и содержанию урана твэлов и ТВС, с помощью которых удалось не только оснастить, но и значительно поднять мощность исследовательских реакторов. Дальнейшая рационализация этого производства заключалась в замене металлического порошка урана на спеченный и измельченный диоксид урана, а магниевого порошка на алюминиевый, в замене металлокерамической композиции на сплав урана с алюминием.

Многие годы Завод № 12 был единственным изготовителем и поставщиком твэлов и ТВС для исследовательских реакторов как внутри страны, так и за рубежом, где строились исследовательские реакторы по советским проектам. В начале 70-х годов весь комплекс работ по твэлам для исследовательских реакторов был передан по решению Министерства на Завод № 250.

24 октября 1953 г. выходит Постановление Совета Министров СССР, по которому Завод № 12 обязывается изготовить и поставить ТВС на строящуюся в Обнинске первую в мире АЭС мощностью 5000 кВт. Конструкция твэлов была разработана в НИИХИММАШ под руководством Н.А. Доллежала, технология разрабатывалась в ФЭИ под руководством конструктора-технолога В.А. Малых. Уже в конце 1953 г. начались работы по организации производства для выпуска этих твэлов. В химико-металлургическом производстве отрабатывалась технология получения сплава уран-молибден, получения из сплава крупки определенных фракций, ее осветление и дегазация. При освоении новой, сложной технологии и недостаточной подготовки кадров для таких тонких работ, не удавалось получить положительных результатов по многим параметрам, предъявляемым к твэлам. И только в 1954 г. производство удалось стабилизировать. К началу загрузки реактора в апреле 1954 г. комплект твэлов был изготовлен и отправлен на сборку опытному заводу НИИХИММАШ. 27 июня 1954 г. состоялся пуск первой в мире АЭС.

В дальнейшем на базе технологии и конструкции твэлов, разработанных применительно к АЭС в Обнинске, на Заводе № 12 создали специальный цех по изготовлению твэлов подобного типа для Белоярской АЭС и Билибинской АТЭЦ.

На основании Постановлений Правительства в 1953 г. в Советском Союзе начались работы по созданию ядерных судовых установок. Первая активная зона (АЗ) судового типа ВМ-А была изготовлена Заводом № 12 в 1955 г. по конструкторской документации НИИ-8 (руководитель Н.А. Доллежал) под научным руководством ИАЭ АН СССР (руководитель академик А.П. Александров). Конструкция, технология изготовления и материалы твэлов и ТВС разрабатывались под научным руководством академика А.А. Бочвара и доктора техн. наук А.Г. Самойлова. Изготовление этой зоны послужило началом производства твэлов для судовых ядерных установок различного типа.

В конце 50-х годов по конструкторским разработкам ОКБМ, технологии изготовления твэлов и ТВС, разработанной ВИАМ, под научным руководством ИАЭ АН СССР на Заво-

де № 12 начались работы по созданию и изготовлению твэлов, ТВС и АЗ для первого в мире атомного ледокола «Ленин». В качестве конструкционного материала в твэлах и ТВС для АЭС в Обнинске и судовых ядерных установок были использованы особо тонкостенные трубки различных типоразмеров из нержавеющей стали. Для изготовления в сжатые сроки твэлов для этих объектов привлекли предприятия черной металлургии, в частности УКРНТИ с его опытным заводом, к разработке технологии и выпуску в необходимых количествах и при надлежащем качестве особо тонкостенных нержавеющей труб. В дальнейшем такие трубы изготавливались на Никольском и Первоуральском трубных заводах и других предприятиях черной металлургии. Организация производства твэлов требовала наращивания мощностей выпуска урана различных степеней обогащения в виде диоксида и сплавов урана. В то же время все процессы неизбежно приводили к технологическим оборотам и отходам, которые нужно было путем химических процессов доводить до кондиции. Сложность состояла в том, что наряду с различными степенями обогащения урана-235, отходы и обороты получались разными по содержанию наполнителей и конструкционных материалов (алюминий, магний, молибден, нержавеющая сталь), а также с разной степенью перехода в растворы как урана, так и примесей. В первоначальный период эти задачи решались организацией участков в малых корпусах, оставшихся от снаряжательного производства, также строились новые небольшие корпуса. Технологические процессы в них велись отдельно по низким и средним степеням обогащения. Аппаратура для непрерывного осуществления процессов с ядерно-безопасной геометрией появилась несколько позже, поэтому все процессы шли периодически, а ядерная безопасность достигалась только предельной загрузкой по урану-235 при строгом контроле за загрузкой.

После пуска Обнинской АЭС последующие три-четыре года характеризовались значительной активностью мировой научной общественности, ученых-ядерщиков, науки смежных отраслей, а также, промышленности так или иначе связанных с мирным использованием атомной энергии, с ядерной энергетикой. Все наиболее развитые промышленные страны в те го-

ды создают свои первые опытные и демонстрационные АЭС.

В СССР ввели в эксплуатацию Белоярскую АЭС под Свердловском, в Воронежской области — Ново-Воронежскую АЭС. Появилась первая национальная программа развития ядерной энергетики в СССР. Для ее реализации изготовление твэлов и ТВС поручили Заводу № 12, коллектив которого к этому времени уже имел опыт изготовления твэлов и ТВС для исследовательских реакторов и Обнинской АЭС. Однако производственные мощности, уровень техники и технологии были недостаточны для решения этих задач.

По решению Правительства в 1957 г. начинается серьезная реконструкция завода для опытного, а затем и серийного производства твэлов и ТВС для обеспечения ядерным топливом АЭС и судовых транспортных установок. Перепроектирование завода с химико-металлургического профиля на машиностроительный потребовало крупных капитальных вложений, серьезных организационных переустройств, значительных социальных издержек. В результате переквалификации, а также перевода из закрываемых ранее действовавших на заводе цехов в цехи вспомогательного производства было привлечено более трех тысяч рабочих и инженерно-технических работников. В этот период предприятие совместно с многочисленными научно-исследовательскими институтами, конструкторскими бюро Министерства и другими привлеченными смежными организациями разработало промышленную технологию и организовало производство более 60 типов твэлов и ТВС для различных опытных, промышленных и энергетических ядерных реакторов. Нарастание объемов, новизна и многообразие типов топлива потребовали разработки новых более производительных и надежных технологических процессов и методов контроля:

высокотемпературного гидролиза гексафторида урана с получением диоксида «керамического» сорта, осуществляемого в аппаратах «Сатурн» по разработкам НИИ-9 и завода;

восстановления гексафторида урана до тетрафторида урана в парах четыреххлористого углерода на установке «Изумруд» по разработкам НИИ-10 и завода;

изготовления стержней, таблеток и втулок из диоксида урана по разработкам ВИАМ и за-

изготовления твэлов таблеточно-стержневого типа в циркониевой оболочке и герметизации их электронно-лучевой или контактно-стыковой сваркой по разработкам ВИАМ, НИИ-9 и завода;

изготовления твэлов таблеточного типа с оболочкой из нержавеющей стали с герметизацией аргоно-дуговой сваркой по разработкам НИИ-9 и завода;

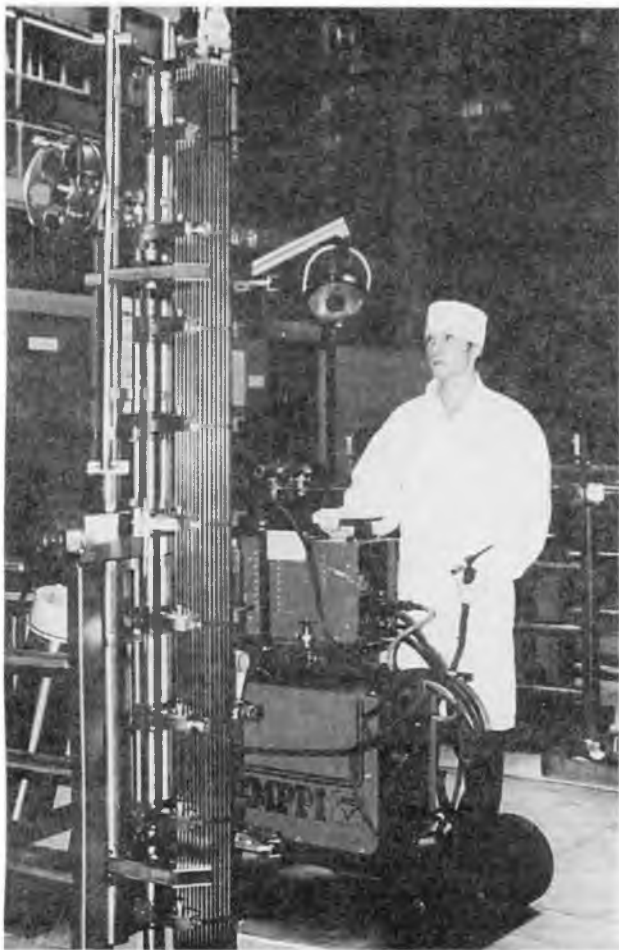
изготовления сложных комплектующих деталей из циркониевых сплавов и нержавеющей сталей для твэлов и ТВС;

контроля качества неразрушающими методами плотности таблеток, сплошности топливного столба, дефектов сварных соединений, герметичности твэлов;

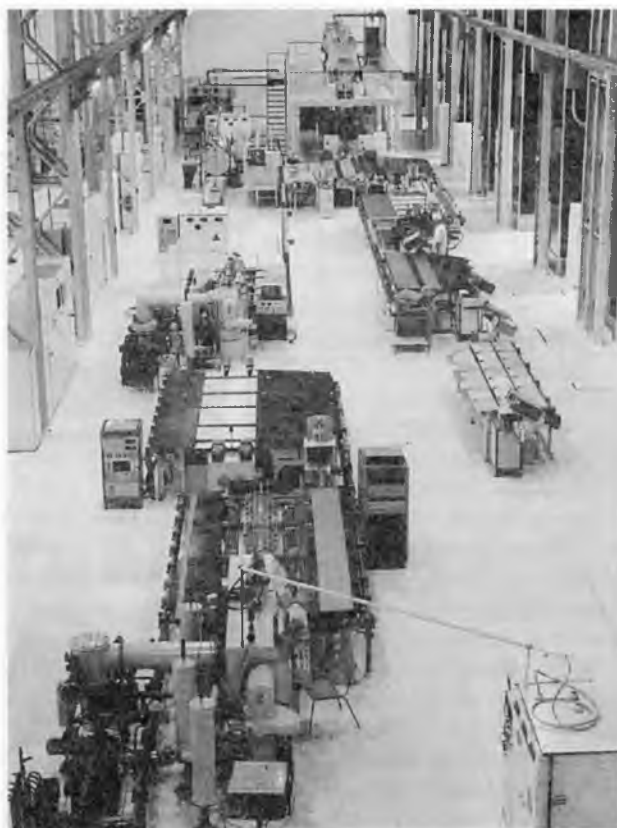
проведения коррозионных испытаний твэлов в воде высоких параметров.

Одновременно для обеспечения отечественной программы развития ядерной энергетики шло строительство новых корпусов и реконструкция старых под промышленное производство ядерного топлива для АЭС. Были созданы инженерные службы: опытное конструкторское бюро, технологический отдел; службы надежности, главного физика, прибориста; лаборатория автоматизации и др. Сложное производство изготовления твэлов и ТВС требует максимальной механизации и автоматизации технологических и контрольных операций для гарантии стабильности их выполнения и соответственно качества продукции. Главными задачами стали совершенствование промышленной технологии и автоматизация технологических процессов.

Учитывая сложность решаемых задач и ограниченность собственной машиностроительной базы руководство Министерства приняло решение о привлечении к решению этой проблемы зарубежных фирм. В целях ознакомления с опытом механизации и автоматизации подобных процессов на фирму ASEA-Атом (Швеция) в 1975 г. была направлена бригада специалистов производственников, конструкторов и работников научно-исследовательских институтов. Вывод, сделанный бригадой специалистов, состоял в том, что привлечение иностранных фирм целесообразно при условии комплексного решения задачи по конструированию, изготовлению, монтажу, пусконаладке и сдаче «под ключ» одной фирмой. В результате переговоров руководства Мини-



Сборный стенд ТВС ВВЭР-440

Автоматизированная линия производства
твэлов ВВЭР-1000

стерства А.М. Петросьянца, Г.С. Афонца и других с Министерством машиностроения ГДР было принято решение о привлечении специалистов и промышленности ГДР (фирма «Отто Бухвиц» Дрезден) к этой работе. Разработку средств контроля, некоторых видов оборудования поручили Всесоюзному научно-исследовательскому институту радиационной техники и Свердловскому научно-исследовательскому институту химического машиностроения при комплексном проектировании и изготовлении линии для выпуска твэлов ВВЭР-440 специалистами ГДР. Совместная работа успешно завершилась созданием автоматизированных линий в 1981 г. и пуском их на Машиностроительном заводе. Опыт совместной работы послужил импульсом к созданию аналогичных линий для изготовления других

типов твэлов. Так, на Машиностроительном заводе были спроектированы и изготовлены линии по производству твэлов для аппаратов РБМК-1000, БН-600, а на заводе химконцентратов для аппаратов ВВЭР-1000.

Большая программа по развитию ядерной энергетики, своевременные поставки ядерного топлива строящимся и работающим АЭС уже не обеспечиваются возможностями одного Машиностроительного завода. В конце 70-х годов к решению этих задач привлекли другие предприятия отрасли.

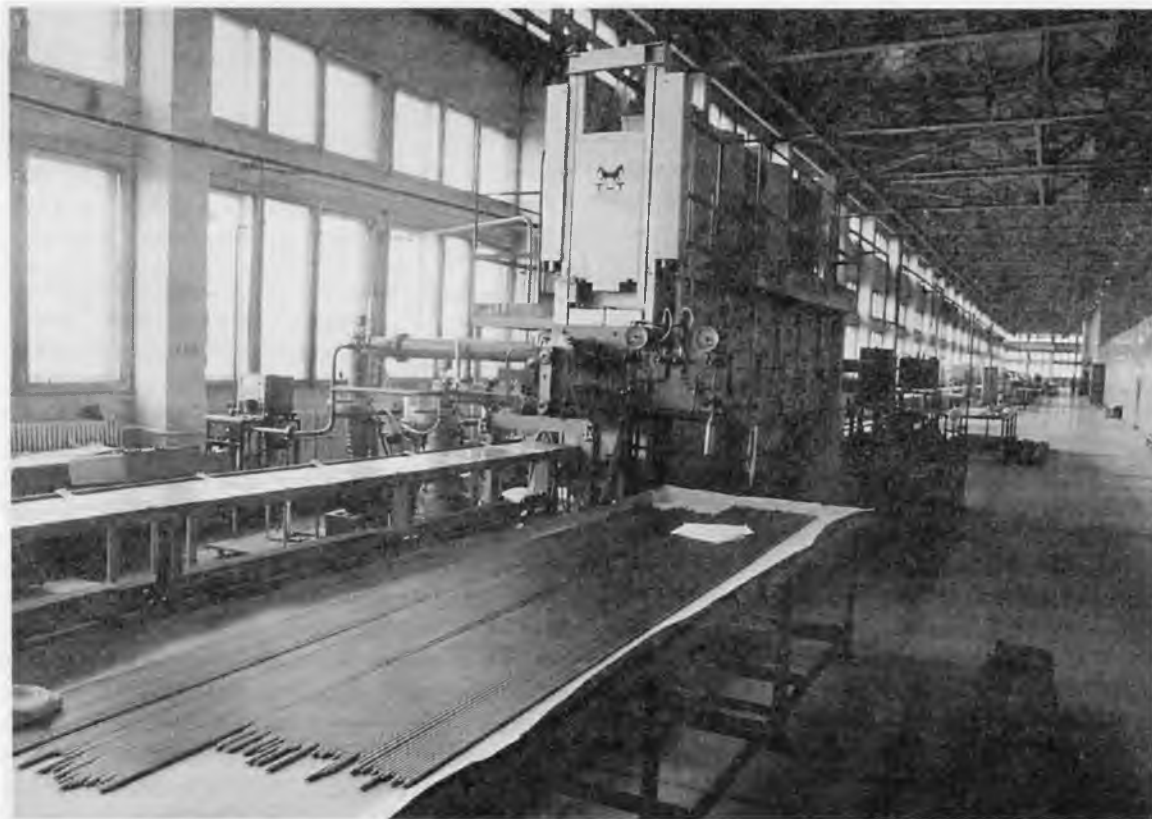
Машиностроительный Завод № 12 продолжал специализироваться на выпуске ядерного топлива для АЭС с реакторами ВВЭР-440, РБМК, АСТ и для транспортных установок. Наряду с освоением автоматизированных линий по выпуску твэлов в сборочном производстве завода создали поточные механизированные линии для сборки твэлов в кассеты и подвергли серьезной реконструкции производство комплектующих деталей необходимых для из-

готовления твэлов и ТВС. В настоящее время Электростальский машиностроительный завод входит в число мировых лидеров-производителей ядерного топлива. Твэлы и ТВС, изготавливаемые на заводе, используются более чем в 50 ядерных реакторах на АЭС России, ряда стран СНГ, а также в Болгарии, Чехии, Словакии, Венгрии, Финляндии, эксплуатирующих реакторы ВВЭР-440. Достигнутый уровень технологии топлива обеспечивает его высокое качество, отвечающее самым жестким требованиям западных стандартов и открывает возможность дальнейшего расширения сбыта. Совместно с фирмой «Сименс» начата и успешно продолжается опытная эксплуатация ТВС, планируемых в дальнейшем для поставок в реакторы этой фирмы в Германию, Швейцарию и другие страны.

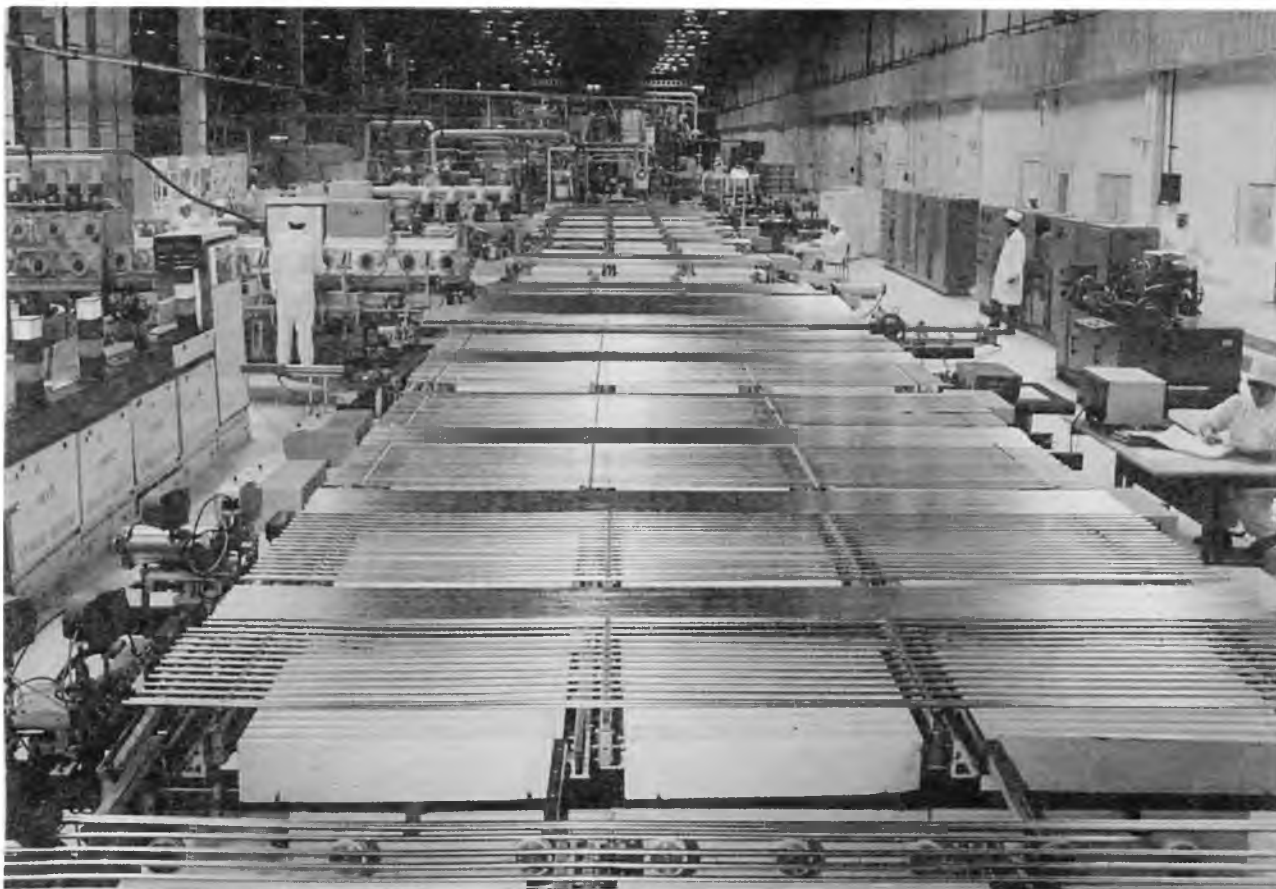
Новосибирский завод химических концентратов (Завод № 250) специализируется на выпуске ядерного топлива для АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и для исследовательских реакторов. На предприятии действует комплекс по

изготовлению твэлов и ТВС для АЭС с самым мощным отечественным корпусным ядерным реактором ВВЭР-1000. Производство создано на основе новейших достижений ядерной технологии и реакторного материаловедения. Оно оснащено современным автоматизированным оборудованием и средствами массового контроля качества непосредственно в производственном процессе. Это гарантирует высокий и стабильный уровень эксплуатационных характеристик и надежную работу АЗ ядерных реакторов. В 1987 г. за создание производства твэлов группе специалистов присуждена Государственная премия.

С 1981 г. Новосибирский завод химических концентратов обеспечивает ввод в действие и текущую эксплуатацию 29 энергетических блоков суммарной энергетической мощностью 20 млн. кВт. Предприятие поставляет ядерное топливо высокого качества на АЭС России, Украины и Болгарии. Его продукция обеспечивает стабильную, надежную и экономичную работу ядерных реакторов и гарантирует даль-



Сборное производство поглощающих элементов



Автоматизированная линия производства твэлов РБМК

нейшее увеличение кампании по эксплуатации ядерного топлива. На Чепецком механическом заводе (Заводе № 544) создано крупное циркониевое производство для обеспечения ядерной энергетики необходимыми конструкционными материалами и сплавами и изделиями из них. Организовано производство обедненного диоксида урана, из которого на Электростальском машиностроительном заводе изготавливались таблетки для снаряжения твэлов экранной части — зоны воспроизводства реакторов на быстрых нейтронах.

На Ульяновском металлургическом заводе (Заводе «2А») создано крупное производство урановых таблеток низких степеней обогащения (по уран-235 < 4,4%), которые по кооперации поставлялись в Электросталь и Новосибирск на заводы, производящие ядерное топливо для АЭС. Технологическая схема позволила перерабатывать различные виды ураново-

го сырья: гексафторид урана, сплав уранил-нитрата от переработки использованного топлива на АЭС, закиси-окиси урана и отходов производства. Производство отличается высокой степенью механизации, герметизацией оборудования, автоматическим управлением процессами, радиационным контролем и ядерной безопасностью. В этот же период на предприятии создано машиностроительное производство. Было освоено изготовление запорной арматуры для ядерной энергетики, а также изготовление концевых и комплектующих изделий для ТВС реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, которые по кооперации использовались на заводах в Электростали и Новосибирске. На Московском заводе полиметаллов (Завод «А») сконцентрировалось производство СУЗ, ПЭЛ и СВП для стационарных, судовых и космических ядерных установок. Эти мероприятия позволили ввести в производство, при нарастаю-

щих объемах, дополнительные силы и средства, и каждое предприятие получило возможность в более короткие сроки решать свои конкретные задачи.

Таким образом, в результате комплексной работы многих предприятий 3 Главного Управления среднего машиностроения:

созданы производственные мощности с высоким уровнем автоматизации по получению диоксида урана и керамического топлива, оснащенного ядерно-безопасным оборудованием:

автоматизированы процессы приготовления топливных таблеток (втулок), сушки, спекания и шлифования;

созданы автоматизированные линии изготовления твэлов для реакторов ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК и БН-600.

Производство комплектующих деталей оснащено станками-автоматами, станками с ЧПУ, а также созданы специальные автоматизированные поточные линии.

В итоге, в начале 80-х годов, было создано современное производство твэлов и ТВС с высокой степенью механизации и автоматизации их изготовления.

Производство стержней с выгорающим поглотителем (СВП), стержней для системы управления защитой (СУЗ), поглощающих элементов (ПЭЛ). До 1960 г. изготовлением СВП, СУЗ и ПЭЛ для различных ядерных установок занимались НИИ-9, НИИ-8, Пензенский и Горьковский машиностроительные заводы, Ленинградский металлический завод и др. Для многих из них эта работа являлась побочным делом. Отсутствие централизованного изготовления СВП, СУЗ и ПЭЛ сопровождалось разными требованиями, предъявляемыми к изделиям в процессе изготовления. Это не обеспечивало их надлежащего качества и тормозило увеличение объема производства, не создавало условий для координации действий заинтересованных организаций. Для организации промышленного производства и обеспечения потребности транспортных ядерных установок в указанных изделиях на Заводе «А» в 1960–1961 гг. завершили строительство и пустили в эксплуатацию участок по изготовлению СВП. В 1961 г. на заводе изготовили первые опытные комплекты СВП для реактора 3-5/Р по технологии, разработанной НИИ-9, в 1962–1963 гг. — физические комплекты и первые образцы опытных стержней СВП для раз-

личных активных зон транспортных установок. В этот же период началось зарождение производства стержней СУЗ для этих же проектов. Вначале изделия выпускались по документации, разработанной конструкторскими организациями и научными институтами. В 1963 г. выпуск СВП и СУЗ осуществлялся в соответствии с технологической документацией, разработанной заводом: началось серийное производство стержней СВП и СУЗ для обеспечения самых разных проектов транспортного назначения; проводились работы по усовершенствованию конструкций, повышению физической эффективности стержней СУЗ, улучшению технологии изготовления и качества; модернизировалось и внедрялось специальное оборудование, обучали персонал завода.

В начале 1965 г. были проведены организационные мероприятия: разрозненные производственные участки по выпуску стержней СВП, СУЗ и ПЭЛ объединили в один цех и расширили опытно-исследовательскую базу. В конце 1964 г. на Завод «А» возложили функции головной организации по производству стержней ПЭЛ и организации опытно-конструкторской лаборатории, основной деятельностью которой являлась разработка и усовершенствование ПЭЛ. В 1966 г. руководство Министерства поручило заводу рабочее проектирование, отработку технологии и изготовление ПЭЛ для реакторов атомных электростанций, а также разработку и подбор материалов по этим изделиям для комплектации активных зон реакторов типов ВВЭР, РБМК и БН. Вначале производство СВП, СУЗ и ПЭЛ создавалось на базе циркониевого цеха, где производство циркония к этому времени было прекращено. В 1964 г. запустили и освоили установку по производству наполнителя ПЕ-8 для регулирующих стержней АР, КР транспортных реакторов ВМФ. В течение 1964–1967 гг. завод освоил выпуск различных видов и конструкций этих изделий.

В 1966 г. на базе циркониевого цеха организовали производство изделий наполнителя марки СБЯ для кассет СУЗ стационарных ядерных установок. Основой технологии, разработанной НИИ-8 являлся метод точного литья по выплавляемым моделям. Были освоены различные виды изделий в виде шестигранников под ключ 169 и 137 мм и в виде цилиндра диаметром 110 мм, которые предназначались

для использования в аппаратах ТЭС-3, БАЭС и в реакторах-размножителях.

В 1963 г. на заводе выполнили проект установки по получению гидрида циркония и изделий из него в качестве замедлителя в транспортных энергетических установках. Выпуск изделий осуществлялся методом гидрирования заготовок из плавленного циркония при определенном давлении водорода в автоклаве. В дальнейшем на этой установке получали гидриды иттрия, кальция, титана. Но уже в 1963 г. стало ясно, что предприятие не может обеспечить постоянно возрастающие потребности ядерной энергетики в стержнях СВР, СУЗ и ПЭЛ на существующих производственных площадях. Поэтому ГСПИ-12 разработал проектное задание по реконструкции и расширению этого производства. Этим же проектом предусматривалось создание новых поглощающих материалов: БС-10, БС-15-3, ПЕ-8, расширение парка станочного оборудования, оснащение сварочными машинами для сварки алюминиевых сплавов, электронно-лучевыми установками для сварки циркониевых сплавов. Для изготовления широкого ассортимента поглощающих высокоплотных сплавов были установлены прессы-автоматы и прессы для горячего прессования таблеток. Организация современного производства стержней СВР, СУЗ и ПЭЛ на Заводе «А» проходила в тесном сотрудничестве с другими предприятиями, НИИ и КБ: НИИ-8, НИИ-9, ФЭИ, ОКБ «ГИДРО-ПРЕСС», ОКБМ и крупнейшими заводами страны Адмиралтейским, Ленинградским, «Красное Сормово» в Горьком, с Электро-стальским машиностроительным заводом.

Производство феррито-бариевых магнитов. В 1960 г. на Заводе № 12 прекращается производство фильтров для газодиффузионных комбинатов по разделению изотопов урана. Закрытие производства было обусловлено освоением на Комбинате № 813 технологии получения металлокерамических фильтров с лучшими технико-экономическими характеристиками, а объем их производства обеспечивал потребности всех газодиффузионных заводов Министерства. В это время вступает в строй технология разделения изотопов урана методом центрифугирования. Для газовых центрифуг потребовались постоянные анизотропные феррито-бариевые магниты с определенными характеристиками. Имевшиеся в СССР мощности по изготовлению таких

магнитов на Заводе № 508 Министерства электронной промышленности СССР не могли обеспечить потребности нашего Министерства. Поэтому в соответствии с Распоряжением Совета Министров СССР от 14 июня 1960 г. на Заводе № 12 развернулись работы по созданию крупного производства выпуска магнитов, магнитных подвесок для центрифуг, а также магнитопроводов для статоров электродвигателей к ним. В дальнейшем на площадях бывшего цеха по переработке урансодержащих руд и концентратов организовали крупный цех по производству магнитов, который был пущен в эксплуатацию в 1962 г. С 1961 г. завод начал осуществлять поставки магнитных подвесок на машиностроительные заводы, изготавливавшие центрифуги. Сырьем для получения анизотропных феррито-бариевых магнитов на первой стадии производства были оксид железа Fe_3O_4 , получаемый в виде железной окалины от горячего проката металлургических заводов, а также углекислый барий и каолин, получаемые от предприятий химической промышленности. В 70-х годах с пуском цехов по производству гексафторида бария на Первоуральском хромпиковом заводе и на Донецком заводе химических реактивов сырьем служил уже гексафторид бария.

В процессе освоения производства начались интенсивные механизация и автоматизация технологических процессов получения порошков для прессования, обезвоживания пульпы, прессования заготовок, сушки, спекания, стабилизации и контроля магнитных характеристик. Проведенные работы позволили создать производство анизотропных феррито-бариевых магнитов современного уровня: постоянно в соответствии с требованиями разработчиков повышались магнитные характеристики магнитов для центрифуг по подъемной силе; параллельно наращивались мощности выпуска различных типоразмеров магнитов для нужд отраслей промышленности, выпускающих бытовую технику — громкоговорители, стиральные машины и др.

Производство редкоземельной продукции (РП) и индивидуальных редких земель (ИРЗ). Производство редкоземельной продукции и индивидуальных редких земель (РЗ) было организовано на Московском заводе полиметаллов (МЗП), Приднепровском химическом заводе (ПХЗ), Сланцевском химическом заводе (СХЗ). В 60-х годах в СССР стал намечаться дефицит

как суммарных количеств редкоземельных элементов, так и оксидов индивидуальных элементов (ИРЗЭ), используемых в первую очередь в качестве люминофоров. В качестве сырья в первоначальный период использовались растворы РЗ как отходы от переработки хвостовых оборотов ториевого производства, которое было организовано на заводе «А» в 1949 г. По мере увеличения потребностей народного хозяйства в РП, в частности в полирите (порошкообразный полирующий материал), сырье в виде РЗЭ от ториевого производства стало ограничивать расширение производства РП. Потребовалось организовать получение РЗЭ на МЗП из нового сырья — хлористого плава РЗЭ, представлявшего собой отходы титано-ниобиевого производства цветной металлургии. По мере увеличения спроса на редкоземельную продукцию было принято решение о комплексном использовании уранофосфорных руд месторождения «Меловое». Переработка фосфоритов месторождения «Меловое» вначале была сосредоточена на ПХЗ, затем ВНИИХТ совместно с заводом разработал и внедрил сорбционный метод извлечения РЗЭ из нитратно-фосфатных растворов на смоле КУ-2. Этот метод позволил производить высокопроцентный концентрат РЗЭ, очищенный от основной массы радиоактивных изотопов, в дальнейшем используемый на МЗП для производства ИРЗЭ. Впоследствии переработку фосфоритов и получение концентратов РЗ производили на Прикаспийском горно-металлургическом комбинате в Шевченко.

В 1968 г. Министерство приняло решение организовать на СХЗ переработку лопаритового концентрата, главным образом, для извлечения ниобия и тантала. Однако, лопаритовый концентрат при относительно небольших количествах ниобия и тантала содержит значительное количество титана и около 30% РЗЭ. Очевидно, что при его комплексной переработке целесообразно извлекать и реализовывать РЗЭ в виде различной товарной продукции. Например, извлекаемые из лопаритового концентрата легкие РЗЭ — лантан, церий, празеодим и неодим с содержанием менее 1% европия и иттрия использовались в нефтехимии для получения катализаторов крекинга нефти в виде нитратных растворов РЗЭ. В дальнейшем на СХЗ было организовано производство полирита, фторида и других редко-

земельных продуктов. Перерабатываемое на МЗП сырье в виде РЗЭ ториевого производства, хлоридного плава и концентратов РЗЭ «Меловое» послужило основой развития редкоземельного производства. В 1952 г. по запросам цветной металлургии стало увеличиваться производство ферро-церия, которое существовало на Заводе с 1942 г. для нужд оборонной промышленности. В 1955—1957 гг. была разработана технология и организовано производство по выпуску оксида церия. Особым этапом в редкоземельном производстве МЗП является получение индивидуальных РЗЭ и их концентратов. Разделение РЗЭ до последнего времени являлось очень сложной технологической проблемой. Лишь успехи в развитии атомной промышленности позволили решить ее положительно.

В 1969 г. на МЗП существовала совершенная, по тому времени, технология переработки РЗ концентратов с применением экстракционных, хроматографических и химических методов выделения и получения суммарных и индивидуальных РЗЭ. Новая ионнообменная технология, позволяла получать практически все ИРЗЭ средней и тяжелой групп (оксиды самария, гадолиния, гольмия, эрбия, тулия, лютеция) чистотой 99,95 %.

В начале 70-х годов обозначился повышенный интерес к РЗЭ и резко возрастают потребности в них. В связи с этим МЗП спроектировал, построил и освоил в 1972—1973 гг. новые производственные мощности с использованием новых видов оборудования (экстракторы типа смеситель-отстойник с пульсационным перемешиванием, установки «Пламя-20», вакуумные установки по упариванию азотнокислых растворов РЗЭ и др.). В 1968 г. быстро стало развиваться производство люминофоров для цветного телевидения, осветительной техники и специального назначения. Появились возможности выхода на внешний рынок. Расширились производственные мощности по получению оксидов европия и иттрия и на основе ИРЗЭ на МЗП организовали производство целого ряда редкоземельных продуктов — монокристаллов иттриево-алюминиевого граната, постоянных самарий-кобальтовых магнитов.

В 1963 г. на МЗП начались опытные работы по получению из оксидов ИРЗЭ металлов. В 1963—1965 гг. в небольшом количестве были

получены кальцийтермическим методом гадолиний, иттрий, эрбий, самарий, диспрозий.

В 70-х годах наметилась тенденция по применению РЗЭ в атомной промышленности в качестве поглощающих материалов. В связи с этим МЗП совместно с ВИАМ, ФЭИ, ИАЭ АН СССР разработали технологические процессы получения композиций РЗЭ и организовали производство материалов ПЕ-80, БС-10, ДТ-70, ВКР-5 и др.

В создании редкоземельного производства, в совершенствовании технологических схем по переработке РЗ сырья и получению ИРЗЭ и продуктов на их основе предприятия Министерства в течение многих лет активно сотрудничали с Гиредметом, ГЕОХИ АН СССР, ИФХ АН СССР, ВНИИХТ и другими организациями.

Производство химических материалов, ионообменных смол, экстрагентов, флокулянтов.

Производство химических материалов, ионообменных смол, экстрагентов, флокулянтов было сосредоточено, в основном, на Приднестровском химическом заводе. Работы по созданию сорбентов для атомной промышленности велись одновременно с развитием сорбционных методов переработки уранового сырья сотрудниками ВНИИХТ под руководством, академика Б.Н. Ласкорина. Необходимость постановки этих работ была обусловлена отсутствием как в СССР, так и за рубежом промышленного производства ионитов требуемого качества. Исследования в области синтеза сорбентов для атомной промышленности осуществлялись в направлении создания ионитов с заранее заданными свойствами, пригодных для сорбции урана из рудных пульп, плутония и других радиоактивных элементов в условиях высокой кислотности и радиации.

В 1968 г. на ПХЗ проводились промышленные испытания производства макропористых сорбентов и в течение 1969—1970 гг. получили аниониты АМ-2Б, АМ(П), АМП(П). Совместными усилиями ПХЗ и ВНИИХТ была получена первая партия жидкого экстрагента ПАФН, способного работать в фосфорно-кислых средах, где применение обычных смол невозможно.

В 1971 г. выпустили первые опытные партии амфолита ВПК, поллисульфоксидной комплексобразующей смолы ПСО. В 1972 г. осуществили синтез анионитов на основе винилпи-

ридина и его производных — ВП-ЗАП, ВП-1АП, ВП-1П. В 1973 г. освоили производство амфолита АМК-1 для цветной металлургии катионита КМ-2П, в 1974 г. — твердого экстрагента на основе трибутилфосфата ТВЭКС, получены опытные партии фосфорносодержащих амфолитов АФН-21 и АФН-22. В 1976 г. завершили промышленное освоение производства ионообменных смол с повышенной механической прочностью, химической и радиационной устойчивостью. В результате работ, выполненных ВНИИХТ в 1956—1975 гг., разработан синтез более 20 марок новых типов ионитов, позволяющих разрешить ряд сложных проблем урановой и радиохимической промышленности. В предельно короткие сроки были созданы и внедрены в производство на ПХЗ высокопрочные и химически стойкие иониты гелевой и макропористой структуры для процессов сорбции из пульп и радиохимического производства:

аниониты АМ, АМ(П), АМП, АМП(П), АМ-2Б, АМ-3, ВП-1П, ВП-1АП, ВП-3П, ВП-ЗАП;

катиониты КМ-2П, СФ-5;

амфолит ЗПК, ТЗЭКС ТБФ.

На опытно-промышленных производствах также освоили синтез селективных к урану, торию и плутонию, комплексобразующих ионитов АМК, АФН-21, АФН-22, ВПФ-1, ВПФ-2 и др.

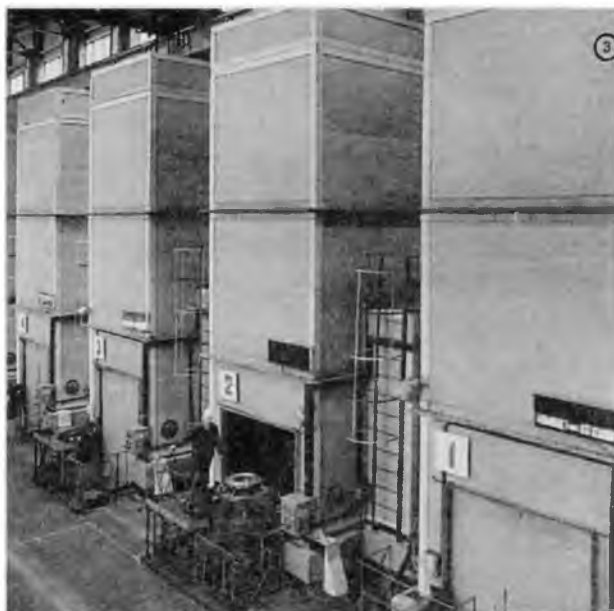
Создание новых ионитов обеспечило внедрение в атомную промышленность новых технологических процессов. Широкое промышленное использование получили процессы сорбции из пульп и сорбционного выщелачивания при переработке бедных урановых руд и концентратов, открылись новые возможности для интенсификации гидрометаллургической переработки различных видов комплексного минерального сырья и очистки жидких сбросов. Промышленное производство селективного по золоту анионита АМ-2Б позволило впервые внедрить сорбционный безфильтрационный метод в золотодобывающей промышленности.

Производство циркония и его сплавов. С развитием ядерной энергетики потребовалась разработка и получение в больших количествах чистого пластичного циркония, который использовался бы в качестве основного конструкционного материала в оболочках твэлов. В 1955 г. в

соответствии с решением Правительства на заводе «А» был пущен опытный цех по производству пластичного циркония, очищенного от гафния до содержания менее 0,05%. Основной целью пуска опытного цеха была отработка наиболее экономичных технологических схем для проектирования и строительства большого промышленного циркониевого предприятия и удовлетворения первых потребностей атомной промышленности. Первоначально проектная производительность по иодидному цирконию составляла 12 т в год, а после реконструкции возросла до 20 т в год циркониевых сплавов в заготовках. В качестве исходного материала использовалось трофейное сырье, состоящее из смеси циркония и бадделита с содержанием циркония до 50%, гафния до 1%, кремния до 28%, титана до 1%. В основу проекта был принят кальцийтермический метод восстановления обезгафненного диоксида циркония, разработанный Гиредметом, с последующей очисткой металлического циркония от азота, водорода и кислорода термической диссоциацией тетраиодида циркония. К этому времени по указанной технологии цирконий в небольших количествах производился на опытной установке в Гиредмете (Подольск). Вначале метод вскрытия в печах сопротивления не обеспечивал нужной производительности. В 1960 г. внедрили непрерывный процесс спекания сырья в барабанной вращающейся печи, который впоследствии явился основой технологической схемы на Чепецком механическом заводе.

Для осуществления процесса перекристаллизации фторцирконата калия была спроектирована и смонтирована цепочка из непрерывнодействующих аппаратов из нержавеющей стали, которая после ряда усовершенствований позволила в феврале 1957 г. получить диоксид циркония приемлемого качества.

Наряду с отработкой технологии восстановления кальцийтермическим методом, который имел целый ряд существенных недостатков, на заводе в 1956 г. начали внедрять электролитический метод получения порошка. Преимущества электролитического метода перед кальцийтермическим восстановлением заключается в том, что электролитический порошок значительно крупнее и менее пирофорен. При электролизе происходила очистка от гафния и бора, что и давало возможность сократить количество перекристаллизаций. Кроме того,

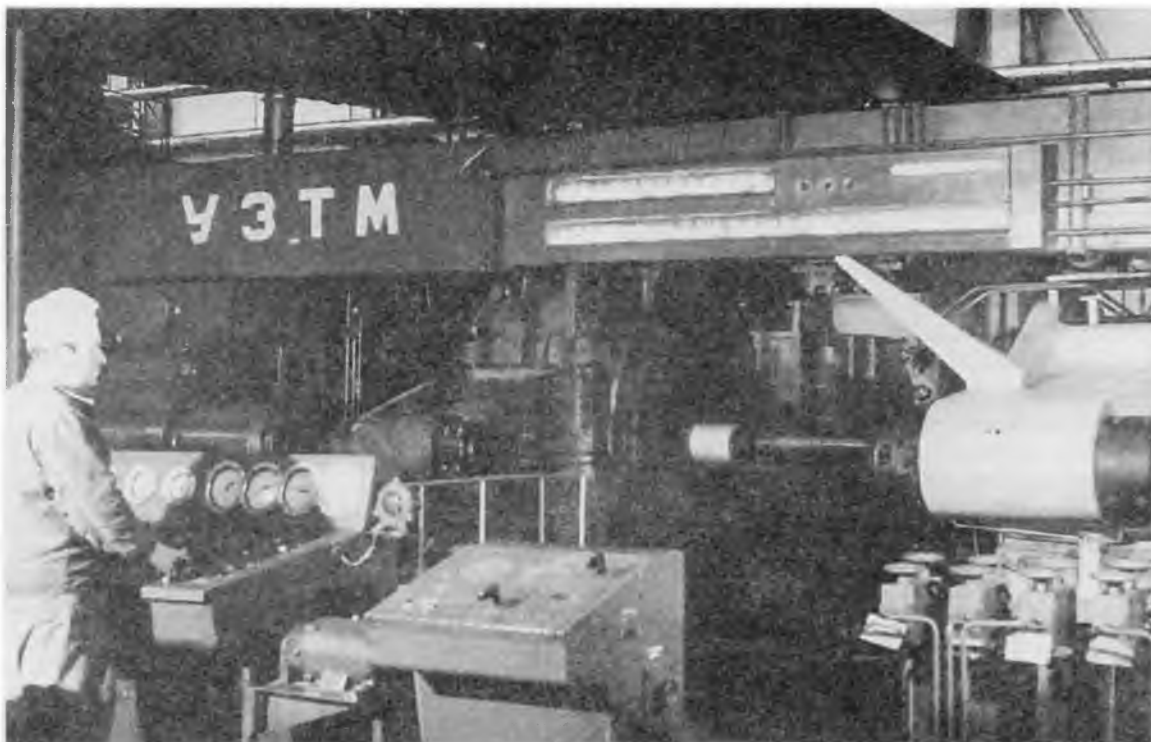


Вакуумные электродуговые печи для плавки циркониевых сплавов

этот метод позволял получать металл, конкурирующий по качеству с иодидным цирконием. Отработка электролитического метода получения порошка циркония на Заводе «А» позволила сравнительно быстро внедрить его на ЧМЗ. В связи с окончанием отработки технологии получения фторцирконата калия и порошка циркония и использования этих материалов при пуске производства циркония на ЧМЗ в 1963 г., производство порошка циркония на Заводе «А» было закрыто.

В 1956 г. завод «А» приступил к освоению иодидного рафинирования циркония в эмалированных ретортах аппаратов ЦПУ-5, разработанных НИВИ. Вскоре эти аппараты были заменены на аппараты Ц-10 из стали ЭИ-435 производительностью до 15 кг циркония за цикл. В процессе освоения технологии иодидного рафинирования в короткий срок завод достиг проектной мощности 20 т в год. В 1963 г. завод начал выпускать иодидный цирконий для нужд атомной промышленности и народного хозяйства.

В 1957 г. завод приступил к освоению и выпуску сплавов циркония по технологии, разработанной ВИАМ и НИИ-9, в вакуумно-дуговых печах с расходуемым электродом. За четыре года работы Завод «А» успешно освоил промышленный выпуск циркониевых сплавов:



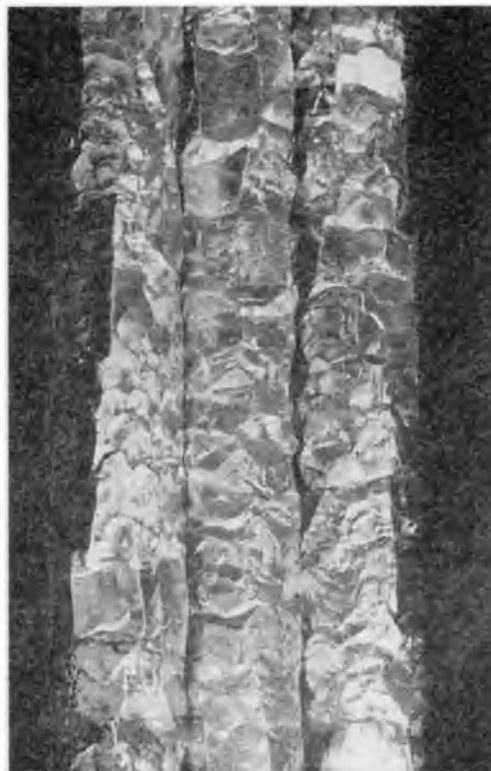
Пресс гидравлический горизонтальный с усилием прессования до 7000 т для горячего прессования труб из заготовок сплава циркония



Слитки из сплавов циркония

110, 125, 110Б, 125Б, оженит-0,5, ЦЖН, Ц2М и около 50 видов заготовок под тонкостенные оболочные трубы и листы. Бурное развитие ядерной энергетики, которое началось в СССР в начале 60-х годов, потребовало дальнейшего развития производства циркония и его сплавов. В 1956 г. приказом министра Е.П. Славского было предусмотрено строительство цеха по производству металлического циркония на Заводе № 544. Проект нового производства был разработан в ноябре 1957 г. Поэтому по мере отработки технологии на опытной установке, которая начинала функционировать уже в декабре 1957 г., и в результате появления принципиальных технологических предложений специалистов ЧМЗ, изменения в проектные документы приходилось вносить во время строительных работ. Проектная технологическая схема производства металлического циркония предусматривала его получение в виде порошка методом кальцийтермического восстановления диоксида циркония. Эта технологическая операция была исключительно пожароопасна из-за высокой пиррофорности кальцийтермического порошка. Разработка новой

технологической схемы для промышленного производства циркония приобрела первостепенное значение не только для специалистов ЧМЗ. К этой работе подключились научно-исследовательские центры страны и многие предприятия отрасли. Уже в 1957 г. обнадеживающие результаты удалось добиться при испытании опытных электролизеров на родственных заводах «А» и ПОЗ. Последнее окончательно определило выбор новой технологии. Чепецкий механический завод взял курс на переориентацию циркониевого производства с кальцийтермической схемы на технологию получения металлического циркония электролитическим методом. В начале 1958 г. были смонтированы опытный лабораторный электролизер, а также образец промышленного электролизера на 10 кА. Правильность выбранного курса в мае 1958 г. подтвердило Постановление СМ СССР, на основании которого первоначальный проект циркониевого цеха принципиально изменили. Несмотря на коренные изменения в проекте, успешное проведение строительных работ и одновременный монтаж технологического оборудования позволили уже весной 1959 г. осуществить промышленный пуск циркониевого производства. В начале 60-х годов номенклатура изделий циркониевого производства ЧМЗ включала в себя сплавы циркония: 110 (с 1% ниобия), 125 (с 2,5% ниобия) и 110Б (с 1% ниобия и бором), в виде слитков и заготовок. Увеличение выпуска продукции потребовало, в свою очередь, развития мощностей, обеспечивающих механическую обработку изделий. Поэтому в сжатые сроки провели реконструкцию кузнечно-прессового отделения цеха и начались строительство нового производственного корпуса, который приняли в эксплуатацию в июне 1965 г. Несмотря на успех в развитии работ по получению пластичного циркония методом электролиза, единственным промышленным методом получения циркония реакторной чистоты в тех условиях оставался метод иодидного рафинирования. В последующие годы оборудование и технология непрерывно совершенствовались. В частности, продолжительность технологического цикла иодирования была сокращена от 48 до 30 часов, а в результате внедрения новых методов регенерации иода из промывных вод удалось сократить его расход в 10 раз. На операциях подготовки цир-



Прутки из особо чистого циркония

кониевого порошка и переработки оборотов сконструированы, изготовлены и внедрены в производство аппараты и приспособления полностью исключившие ручной труд: полуавтоматическое устройство к прессу для брикетирования порошка, автомат для резки стружки, комбайн для непрерывной ее промывки, магнитной сепарации и сушки и пр. Одновременно был успешно выполнен комплекс работ по организации извлечения, очистки и получения металлического гафния, концентратов солей и оксида. В результате ряда химических операций получился продукт (фторгафнат калия) с содержанием гафния до 99%. При этом доизвлеченный цирконий возвращался в основной процесс. Для этого был создан аппарат иодидного рафинирования металлического гафния, полученного из фторидно-хлоридных растворов электрохимическим методом, разработанным также специалистами ЧМЗ.

Таким образом, циркониевое и гафниевое производство в короткие сроки было оснащено в то время современной технологией: непрерывнодействующим совершенным оборудова-



Трубы из сплавов циркония

нием, средствами контроля и автоматизации. Это обеспечило к концу 60-х годов сокращение затрат на химикаты и материалы в 3 раза и энергозатрат — в 1,5 раза, при полной механизации и частичной автоматизации производства. Кроме того, на металлургическом переделе были получены слитки новых сплавов (100, ЭЦ-1, 512, 635 и др.), исследованы их состав, механические и коррозионные свойства.

Создание трубного производства. 11 ноября 1966 г. Постановлением СМ СССР был издан приказ о строительстве на Заводе № 544 прокатно-прессового производства изделий из циркониевых сплавов с вводом в действие в 1968 г. участков для производства и термообработки в вертикальных печах труб диаметром 88×4 мм. Технология и состав производства проектировались по заданию, разработанному институтом «Гипроцветметобработка» и предусматривали строительство и монтаж отделений для изготовления прутков малого диаметра, прутков диаметром 68—92 мм, листа и проволоки. В апреле 1967 г. началось строительство нового корпуса и зданий для размещения подсобных подразделений — 17 сооружений «700»-го производства.

К моменту постановки задачи отечественная промышленность не имела опыта производства циркониевых труб. Однако, уже с 1966 г. коллектив инженерно-технических работников ЧМЗ совместно с отраслевыми научно-исследовательскими институтами занимался разработкой технологии изготовления, методов контроля и изучением свойств твэльных и канальных труб из сплавов циркония. При этом использовались опыт и оборудование трубо-

прокатных предприятий, производивших трубы из черных и цветных металлов — Первоуральского новотрубного завода, Челябинского трубопрокатного и Кольчугинского завода им. Орджоникидзе. Первые партии труб, пригодные для проведения опытных работ, были изготовлены на Кольчугинском заводе. Работы, направленные на изыскание наилучшего варианта технологической деформационной схемы при прессовании и холодной прокатке циркониевых труб, проводились на специально для этих целей созданном опытном участке. Параллельно изучению свойств металла при различных способах и режимах обработки, совместно с отраслевыми НИИ продолжались поиски оптимального состава с удовлетворительными технологическими характеристиками. На основании полученных результатов, из большого числа исследованных сплавов циркония (125, Э-125, 635, Э-635, 125М, ЭЦ-1 и др.), в августе 1968 г. приняли сплавы 110 для оболочек твэлов и 125 для канальных труб реакторов типа РБМК. В конце 1969 г. и в течение 1970 г. сдали в эксплуатацию первые производственные участки, инструментальное отделение и прокатные станы. С пуском оборудования были развернуты работы по изготовлению канальных труб, а также труб оболочек твэлов малых диаметров.

В 1972 г., одновременно с поставкой продукции для строящихся Ново-Воронежской и Белоярской атомных станций, ЧМЗ отправил в Румынию партию труб из сплава 110. Трубное производство во втором квартале 1973 г. вышло на проектную мощность (300 т проката в год).

Начиная с 1975 г. завод приступил к выполнению заказа на поставку циркониевых труб, прутка и листа для финской АЭС «Ловийса». В связи с этим провели дополнительные работы по обеспечению высокого качества выпускаемых изделий. В частности, совместными усилиями сотрудников ЦНИЛ и ИТР трубного производства была разработана и внедрена новая методика механических испытаний образцов труб в продольном и поперечном направлениях при температуре 380 °С, а также существенно усовершенствована технология холодной прокатки и химической обработки, что позволяло получать трубы с более высокой точностью геометрических размеров. Кроме того, в это же время поступил заказ на производ-

ство продукции, предназначенной для новых мощностей АЭС с реакторами ВВЭР-1000. Поэтому освоенная технология высокой точности оказалась более чем своевременной. К тому же ее дополнили пуском в эксплуатацию установки по электрохимической полировке и струйной обработке внутренней поверхности труб, что повысило их эксплуатационные качества. В дальнейшем в целях повышения производительности, увеличения эффективности использования металла и улучшения качества выпускаемой продукции совершенствовалась технология прессования и прокатки труб, листов, прутков и проволоки, уточнялись режимы термообработки, составы защитных покрытий, технологических смазок применительно к сплавам на основе тройной шихты.

В 1976—1980 гг. создавались испарительные и пароперегревательные каналы реакторов РБМК-1500 и РБМКП-2400, также были изготовлены каналы для Игналинской АЭС.

В это же время, благодаря осуществлению комплекса работ по оптимизации процессов термообработки, удалось вдвое сократить время выдержки при промежуточном отжиге труб. Эти мероприятия, наряду с модернизацией отжиговых печей, позволили увеличить производственные мощности в 2,2 раза.

Создание производства по изготовлению технологических каналов для АЭС. Основными элементами в конструкции реактора типа РБМК являлись 1693 технологические топливные каналы, установленные в трубчатых трактах. Технологический канал представлял собой трубку из сплава циркония с 2,5% ниобия, концевые части которой выполнены из нержавеющей стали. Соединение циркониевой части канала со сталью осуществлялось специальными переходниками (сварка: сталь-цирконий). В канале размещалась кассета с двумя сборками, каждая из которых состояла из 18 твэлов и труб (ТДЭВ), в которых располагались датчики энерговыделения (детекторы нейтронов). Твэл, в свою очередь — трубка диаметром 13,5×0,9 мм из циркониевого сплава, заполнялась таблетками из диоксида урана. Кроме технологических каналов в конструкции реактора РБМК предусматривались каналы системы управления и защиты. Каналы СУЗ, изготовленные также, в основном, из циркониевых сплавов, обеспечивали регулирование мощности реактора и поддержжи-

вали энергетический режим при возникновении аварийной ситуации.

В 1967 г. Министерство среднего машиностроения приняло решение о строительстве на ЧМЗ цеха изготовления переходников и приварки их к циркониевой канальной трубе, а в июне 1968 г. — цеха сборки технологических каналов с производительностью 4500 шт. в год. Для этой цели было спроектировано строительство двух корпусов, которое завершилось в декабре 1970 г. Цех укрупненной сборки каналов был создан в январе 1971 г. и в конце года уже изготовили и отправили на Ленинградскую АЭС 1002 канала для первого блока. Совершенствовалась технология изготовления деталей и узлов, опробовалась в производственных условиях установка ультразвукового контроля качества. Номенклатура изделий постоянно увеличивалась. Количество типоразмеров труб, прутков, листов вскоре достигало нескольких десятков. Завод постепенно расширял номенклатуру концевых и комплектующих деталей. С вводом нового корпуса увеличился их выпуск. Улучшились средства контроля размеров. В производстве стали использовать новые станки, обеспечившие высокую точность. В 1976 г. была изготовлена партия испарительных каналов для Белоярской АЭС. Особое внимание уделялось автоматизации производства. С 1975 по 1980 гг. только на участке изготовления деталей для переходников было пущено 16 станков с числовым программным управлением, а также внедрен в производство новый автомат контроля концевых деталей, разработанный на ЧМЗ. В 1982 г. освоен выпуск технологических каналов с циркониевыми трубами, прошедшими специальную термомеханическую обработку (ТМО-1, ТМО-2) для Игналинской АЭС.

Производство гафния. При создании циркониевого производства на Заводе № 544 большой комплекс работ был выполнен по организации получения гафния. Интерес к этому элементу, постоянно сопутствующему цирконию, возрастал. Гафний в отличие от циркония обладает большим сечением захвата нейтронов и чаще всего используется для регулирующих стержней реакторов и защиты от нейтронного излучения. В исходном сырье содержание гафния невелико — 0,6—2% по отношению к цирконию. В процессе дробной перекристаллизации гафний концентрируется в растворе, а за-

тем осаждается в виде гидроксида, содержащего 5—7% гафния (к цирконии). Для извлечения гафния из гидроксида разработали и внедрили технологию с использованием высокоэффективных экстракционного и хромографического методов. В результате ряда химических операций получился продукт — фторгафнат калия с содержанием до 99% гафния, а доизвлеченный цирконий возвращался в основной процесс. Для получения металлического гафния разработали и внедрили электрохимический метод: полученный металл подвергался иодидному рафинированию по технологии аналогичной получению иодидного циркония. Кроме пластичного металла было освоено производство диоксида гафния высокой чистоты богатых концентратов для производства реактивов и эталонов. Одним из важнейших направлений применения диоксида гафния явилось его использование в авиационной технике. Конструкторы реактивных двигателей самолетов нового поколения поставили задачу создать новый сплав, обеспечивающий длительную жаропрочность при температурах 1000 °С и более. ВИАМ было установлено, что наиболее полно этому удовлетворяет никель дисперсионно упрочненный либо диоксидом тория или, еще лучше, диоксидом гафния. В совместной работе с Заводом № 544 была отработана технология легирования. Самым сложным было введение диоксида гафния в виде равномерно распределенных частиц размером не более 0,01—0,05 мкм. Новая технология, полностью отвечавшая этим требованиям основана на том, что смешение никеля и диоксида гафния осуществлялось в растворе, обеспечивая равномерность распределения на молекулярном уровне. Затем шло осаждение, прокалка солей и восстановление водородом избирательно одного никеля, гафний оставался в виде диоксида. Опытные партии сплава ВДУ-2 (основа — никель с 3% диоксида гафния) при использовании показали более высокие результаты, чем другие композиции.

На созданном участке была выпущена промышленная партия массой 2 т. В связи с большим объемом работ завода по цирконии дальнейшее производство никель-гафниевого лигатуры передано ПХЗ.

Производство бериллия и его сплавов. В связи с развитием ядерной техники и потребностью народного хозяйства в оксиде бериллия и

изделиях из него Постановлением Совета Министров СССР от 23 декабря 1951 г. было принято решение об организации крупного производства бериллия и его соединений на Заводе «2А». К этому времени опытно-промышленное производство бериллия имелось на Подольском опытном заводе, Заводе «А» и в опытном цехе Завода «2А». Технический гидроксид бериллия и лигатуры производились в небольших количествах на горно-металлургическом комбинате (ТГМК-3) в Асбесте. Производство бериллия состоит в получении гидроксида, чистого оксида бериллия, плавленного и дистиллированного бериллия и бериллиевых лигатур, получении изделий из металлического бериллия и его оксида. В 1956 г. по проекту ГСПИ-14 на Заводе «2А» Алтайсвиноцстрой построил и ввел в эксплуатацию цех по выпуску гидроксида и чистого оксида бериллия. Проект цеха выполнил Гипроредмет. В основу технологии положены технологические схемы ТГМК-3 и ГИПХ. В соответствии с проектом цех состоял из отделения по получению технологического гидроксида и отделения по изготовлению чистого оксида бериллия. Строительство цеха было закончено в 1951 г. Однако отсутствие опыта работы с высокотоксичными соединениями бериллия, отсутствие надежных средств индивидуальной защиты работающих и некоторые другие факторы привели к массовым профзаболеваниям работников цеха. В связи с этим цех был остановлен на реконструкцию. В основу технологии реконструированного цеха ГИПХ заложил ацетатную схему, заключающуюся в получении основного технического ацетата бериллия путем растворения технического гидроксида бериллия в ледяной уксусной кислоте.

В течение 1956—1957 гг. на заводе провели реконструкцию цеха. При проектировании, строительстве и эксплуатации учитывался накопленный опыт работы по технике безопасности. Размещение оборудования по отдельным кабинам с управлением из чистой зоны, максимально возможная механизация процессов и использование респираторов «Лепесток» позволили снизить профессиональные заболевания.

В 1955 г. Московская проектная контора разработала рабочий проект получения на Заводе «2А» металлического бериллия, в основу которого была заложена фторидная техноло-

гия, в 1959 г. Сибирский филиал ГСПИ-11 — проектное задание по получению медно-бериллиевой лигатуры. Получение лигатуры проектировалось магнием-термическим восстановлением фторида бериллия в присутствии меди с последующей отгонкой магния. Строительство корпуса по производству плавленного бериллия и медно-бериллиевой лигатуры закончили в 1960 г. Освоение цеха и устранение выявленных недостатков продолжалось до 1966 г. В этот же период наладили выпуск других видов бериллиевой продукции: фторбериллата натрия, алюмино-бериллиевой лигатуры, тройного алюмоберилливо-магниевого сплава (АБМ-1), никель-бериллиевой лигатуры.

При реконструкции проведены мероприятия по совершенствованию технологии и аппаратурного оформления процессов, зональному размещению аппаратуры и улучшению работы вентиляции. В результате улучшились условия труда, уменьшились профессиональные заболевания и снизилась концентрация бериллия в выбросных газах до предельнодопустимых концентраций. С развитием ядерной энергетики, самолетостроения, ракетной техники спрос на бериллий и требования к его чистоте значительно возросли. Проектное задание производства дистиллированного бериллия разрабатывал ГСПИ-12. Технология получения дистиллированного бериллия порошков и заготовок методом горячего прессования разрабатывалась на ПОЗ совместно с НИИ-9.

Цех был укомплектован соответствующим набором металлорежущих станков для изготовления блоков отражателей и специзделий, прессами усилием 250 и 630 т печами для нагрева заготовок и инструмента. Ввод в эксплуатацию цеха позволил отработать и внедрить метод получения специальных заготовок горячим прессованием, технологию горячей объемной штамповки из горячепрессованных заготовок, а также технологию изготовления бериллиевых прутков диаметром от 8 до 76 мм.

В 1966—1967 гг. освоили и внедрили в производство метод получения тонкодисперсных порошков крупностью 56 мкм с последующим получением горячепрессованных заготовок для деталей гироскопов.

Производство керамических изделий из оксида бериллия. Проектное задание получения изделий из оксида бериллия разрабатывалось Гипроредметом. Цех проектировался для произ-

водства изделий из спектрально чистого оксида бериллия и изготовления тиглей из технического оксида бериллия, разработанных и освоенных Лабораторией «В». Рабочий проект цеха разработан ГСПИ-14 в 1952 г. В дальнейшем цех неоднократно подвергался реконструкциям в связи с изменением технологии и расширением номенклатуры выпускаемых изделий — изготовлением блоков методом литья, легированием оксида бериллия оксидами урана, получение высокообоженного порошка оксида бериллия с определенными литейными характеристиками, изготовлением двенадцатиканальных блоков, приготовлением литников шликеров в мельницах горячего смешения и т. д. Цех был оснащен новейшим оборудованием — вакуумными и плазменными печами, литьевыми машинами, станками для механической обработки изделий.

Все работы по изготовлению изделий из оксида бериллия проходили при активном участии и под руководством Лаборатории «В», НИИ-9 и других организаций.

В 1962—1963 гг. проводились опытные работы и выпуск штатного комплекта изделий для реактора МТ-356. В 1964 г. освоили технологию и выпустили штатный комплект металлизированных пластин аппарата БЭС-5 и деталей из оксида бериллия термоэмиссионной установки ТЭУ-5 («Тополь»), изделия для реактора В/5р. В конце 60-х годов был введен в эксплуатацию корпус по производству уран-бериллиевых стержней для транспортных реакторных установок. В начале 70-х годов на Заводе «2А» было создано многопрофильное производство бериллия и изделий из него, которое практически в полной мере обеспечило в нем потребности страны. В настоящее время на Ульяновском металлургическом заводе действует производство бериллия от извлечения этого элемента из концентрата до готовой продукции в виде изделий, полуфабрикатов бериллия, его лигатур, сплавов и керамических изделий из оксида бериллия.

Производство тантала. До 1950 г. в СССР производилось незначительное количество тантала на Московском электроламповом заводе (МЭЛЗ) из импортного сырья. В связи с открытием Колбинского месторождения Белогорского горно-обогатительного комбината Восточно-Казахстанской области, на Подольском опытном заводе в 1950 г. проверили воз-

возможность извлечения тантала из отечественного сырья и дальнейшей переработки его в изделия. На базе этих работ Постановлением Совета Министров СССР от 18 октября 1950 г. было принято решение организовать производство тантала и изделий из него на Заводе «2А». Проектирование поручалось Гиредмету по данным ПОЗ и МЭЛЗ. Работы по организации производства выполнялись в короткий срок, и во втором квартале 1951 г. завод начал выпускать фтортанталат калия из белогорских танталовых концентратов. Одновременно проводились работы по получению металлического тантала и танталового проката. В 1960—1961 г. весь тантал выпускался уже в виде порошка, штабиков и проката.

Для более полного удовлетворения потребностей страны в тантале в 1963 г. Новосибирским филиалом ГСПИ-12 проведена реконструкция и расширение этого производства. В реконструируемое производство внедрили предварительно опробированные процессы экстракционного извлечения и разделения тантала и ниобия, получения штабиков, дуговую плавку тантала в печи. Одновременно с этим проводились работы по использованию в производстве бедного танталового сырья и расширению номенклатуры продукции. В 1962 г. изготовили первый прокатный стан и начали выпуск танталовой ленты толщиной 0,1—0,5 мм, организовали производство порошка гидроксида тантала для электролитических конденсаторов и танталового порошка. В 1964—1965 г. внедрили электронно-лучевые печи для плавки тантала, что резко повысило качество танталовых изделий по содержанию примесей. В этот же период начали выпуск танталовой проволоки и сверхпроводящей проволоки из ниобий-циркониевого сплава, а затем организовали производство танталовой фольги. К 1967 г. на Заводе «2А» было создано производство по переработке танталового сырья и получению продукции в виде различных порошков, ленты, проволоки, слитков, которое, в основном, обеспечивало оборонные потребности страны. В дальнейшем это производство в связи с увеличивающимся спросом на танталовую продукцию неоднократно расширялось, модернизировалось и оснащалось более современным производственным оборудованием.

Производство сверхпроводящих материалов. Разработки ИАЭ АН СССР и НИИ-9 технической сверхпроводимости ускорили создание в

1964—1965 гг. на Заводе «2А» производства проводов, кабелей и шин на основе сплава ниобий-титан и интерметаллида ниобий-олово. На основе сплава НТ-50, содержащего по 50% высокочистых ниобия и титана, может производиться более 30 типоразмеров сверхпроводящих проводов диаметром от 0,5 до 2 мм с числом сверхпроводящих жил от 1 до 9000, диаметром жил от 6 до 205 мкм, длиной отдельных кусков провода до 5 км. Получаемые провода из деформируемых сверхпроводящих ниобий-титановых сплавов обладают высокой технологичностью, а их свойства и сортамент соответствуют мировому уровню. Оригинальные технические решения обеспечили создание промышленного производства единичных проводников и токонесущих элементов для крупных магнитных систем.

Защитная техника. С развитием атомной промышленности потребовалось увеличение производства фильтрующих материалов и изделий из них. Производство фильтрующих материалов (ФПП — фильтрующее полотно Петрянова) на Сланцехимическом заводе было создано в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР в 1967 г. До этого времени производство ФПП осуществлялось в СССР на некоторых предприятиях химической промышленности. Производство фильтрующих материалов основано на электрокапиллярном способе получения ультратонких полимерных волокон, при котором формирование волокон из раствора полимера и нанесение их на подложку из текстильных или полимерных материалов происходит в сильном электромагнитном поле. Для увеличения механической прочности фильтрующих материалов в качестве основы-подложки используют марлю. Большая часть выпускаемого материала ФПП использовалась для производства бесклапанных респираторов ШБ-1 и «Лепесток», первоначально разработанных и применяемых в рабочих помещениях при наличии радиоактивных аэрозолей. В дальнейшем респираторы нашли широкое применение и в других отраслях народного хозяйства. Кроме того, фильтрующие материалы применялись в промышленных фильтрах тонкой очистки воздуха, для изготовления сепараторов щелочных аккумуляторов специального назначения, аналитических фильтрующих лент, применяемых в не-

прерывно действующих приборах для контроля содержания аэрозолей и паров иода.

Различные марки освоенных в промышленности и опытных материалов разрабатывались в НИФХИ им. Л.Я. Карпова под руководством академика И.В. Петрянова. В дальнейшем аналогичные производства были организованы и на других предприятиях Министерства.

Конверсионная деятельность. Чернобыльская катастрофа, переход от плановой к рыночной экономике и, наконец, распад СССР в 1992 г. привели к резкому сокращению ядерной энергетической программы России. Сократился спрос на изделия из урана, циркония, кальция и других материалов. В этих условиях многие предприятия ядерного топливного цикла в целях сохранения своего производственного, научного и кадрового потенциалов начали активно разрабатывать конверсионные программы.

Электростальский машиностроительный завод организовал замещающие производства. В короткие сроки были пущены конвейеры сборки пылесосов, кофеварок, фритюрниц (все по лицензии чешской фирмы ETA), электроутюгов по лицензии фирмы «Филипс», кондиционеров по лицензии фирмы «Самсунг», освоено производство трубчатых электронагревателей, пластин из твердого сплава для нужд металлообрабатывающих и горнодобывающих предприятий, специальных магнитов для компьютерной техники.

Новосибирский завод химических концентратов организовал производство высококремнистых цеолитовых катализаторов, используемых для получения высокооктановых неэтилированных бензинов из сопутствующих и природных газов и продуктов их переработки; освоил производство гелей путем облучения полиэтиленгликоля потоком электронов высокой энергии. Производимый по такой технологии гель применяется как средство увеличения вязкости органических жидкостей в медицине и

парфюмерии; освоено производство литиевых элементов различных типоразмеров для питания наручных электронных часов и микрокалькуляторов.

Чепецкий механический завод организовал производство товаров народного потребления (детский спортивный уголок «Мишка», мебельный спортивный комплекс «Теремок»). Циркониевые сплавы стали использоваться для производства корпусов наручных часов, бижутерии, термосов, столовых приборов, различных медицинских изделий. Развивается производство порошковой проволоки с различными наполнителями, используемой для раскисления и легирования сталей в литейных ковшах на металлургических заводах, организовано изготовление трайб-аппаратов, предназначенных для автоматического введения порошковой проволоки в расплавы. В целях обеспечения агропромышленного комплекса, значительная работа проведена по выпуску технологического оборудования для производства сыров. В настоящее время прорабатываются также и другие проекты конверсионных программ.

Московский завод полиметаллов организовал производство постоянных магнитов на основе редкоземельных элементов самарий-кобальт. Эти магниты поставляются предприятием на экспорт и будут использоваться при изготовлении центробежных бессальниковых насосов.

На Ульбинском металлургическом заводе для агропромышленного комплекса освоили изготовление различных прессов для производства сыра. В 1991 г. запущены участки производства асинхронных электродвигателей малой мощности, а на их основе организовано производство бытовых соковыжималок и другой бытовой техники.

В настоящее время на всех предприятиях отрасли работа по разработке и экспертированию различных конверсионных проектов продолжается.

Завод №12 — Машиностроительный завод

К. Я. Егоров, В. А. Межуев

Завод №12 (ныне Машиностроительный завод), перепрофилированный в конце 1945 г. из завода по снаряжению боеприпасов в химико-металлургический завод в рамках уранового проекта, проектировался в 1945—1946 гг. для переработки урановых руд и концентратов с выдачей в качестве готовой продукции металлического урана в виде блоков, герметизированных в алюминиевую оболочку. Обоснованным было в рамках такого проекта производство металлического кальция в качестве реагента (восстановителя) для получения металлического урана.

Не очень логичным выглядело решение об организации на заводе производства фильтров для разделения изотопов урана. Для того времени, говоря современными терминами, это производство было наукоемким, высокотехнологичным. А учитывая подготовку ИТР и рабочих в то время, решение такой проблемы виделось сложной задачей, осуществление которой могло растянуться на многие годы.

Однако постановлением Совета Министров (СМ) СССР от 06.04.48 г. решение было принято и фильтры, начиная с 1949 г., в нарастающих объемах поступали на разделительные заводы. Решение в кратчайшие сроки такой архиважной и весьма сложной задачи послужило одной из причин, что Завод № 12 стал как бы опытной базой для отработки новых видов технологий. Напряженная творческая работа большого коллектива ученых, конструкторов и технологов по освоению и выпуску фильтров была отмечена Государственные (Сталинские) премии I степени были присуждены ученым НИИ-5 Ш.С. Бурдиашвили, П. А. Тиссену; работникам завода — директору Ю. Н. Голованову, конструкторам В. Ю. Ольшевскому, Р. А. Трубникову, технологом Ф.Ф. Квашину, В.М. Глухову и др.

За более чем полувековой период в составе ПГУ (МСМ и МРФАП) Машиностроительный завод прошел несколько этапов своего развития. Условно эти этапы выглядели так:

I этап (1945—1949 гг.). Создание и развитие уранового производства: переработка урансодержащих руд и концентратов; получение металлического урана и металлического кальция, выпуск урановых блоков для промышленных уран-графитовых реакторов;

II этап (1949—1954 гг.). Развитие и совершенствование уранового и кальциевого производств; создание производства диффузионных фильтров для разделения изотопов урана; организация выпуска солей радия, а также организация изготовления металлокерамических изделий из обогащенного до 2% изотопом уран-235 для наработки трития на растворах Комбината № 817;

III этап (1954—1957 гг.). Постепенное свертывание производства по переработке урановых руд и изделий из природного урана; освоение технологий разделения изотопов лития в непрерывном процессе с получением легкого изотопа литий-6; получение гидридов лития и металлического лития; начало освоения технологий производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) для ядерной энергетики и ледокольного флота; постепенное наращивание выпуска обогащенного урана-235 для ТВЭЛов и их производство для исследовательских реакторов, а также блоков из керамики $UO_2 + Al$ для промышленных реакторов;

IV этап (1958—1985 гг.). Закрытие производств природного урана и разделения изотопов лития; прекращение выпуска диффузионных фильтров; передача технологии и производства диффузионных фильтров и разделения изотопов лития, а также ТВЭЛов для исследовательских реакторов на родственные заводы; создание производства переработки гексафторида разных степеней обогащения до диоксида урана для выпуска ТВЭЛов различного назначения; организация производства ТВЭЛов для нужд ядерной энергетики и морского флота; механизация и автоматизация процессов производства ТВЭЛов; организация и развитие

выпуска анизотропных феррито-бариевых магнитов для МСМ и народного хозяйства;

У этап (1986 г. — настоящее время — период выживания). Снижение объемов производства практически всех видов твэлов. Период, характеризующийся поиском новых видов продукции, способной сохранить рабочие места и квалифицированные кадры.

Первый этап изложен в книге «Создание первой советской ядерной бомбы» в главе, посвященной Заводу №12, где вкратце описан процесс организации и развития диффузионных фильтров для разделения изотопов урана. В данной статье, посвященной вкладу Машиностроительного завода, вкратце излагаются следующие за 1945—1949 гг. этапы развития.

В 1949 г. постановлением СМ СССР было принято решение об организации на Заводе № 12 производства по получению солей радия (в виде бромидов радия) для удовлетворения нужд народного хозяйства, оборонной промышленности, медицины и пополнения запасов радия в Госфонде СССР. Сырьем для получения служили отходы переработки урановых руд. Радий в урановых рудах присутствует в микроколичествах и при извлечении урана из них переходит в отходы. Проектирование производства велось ГСПИ-12 с участием ГСПИ-11 по технологии РИАН. Надо отметить, что аналогичное производство в то время в СССР с незначительным объемом получения радий-мезотория, извлекаемого из природных вод, существовало. В конце 1949 — начале 1950 гг. ряд работников завода прошел обучение на этом производстве, и в июле 1950 г., когда было завершено строительство корпусов, началось освоение процесса. Технология производства солей радия состояла в следующем: получение шламового концентрата радия в процессе переработки урановых руд, радиевого концентрата («сырых» сульфатов) из шламов; чистого раствора хлоридов радия-бария; отделение радия от бария методом дробной кристаллизации.

Основная сложность производства состояла в выделении микроколичеств радия на носителе — барии, а затем в отделении радия от бария. Технология включала более 2000 операций (варок, фильтратий, кристаллизаций, репульпаций и т. д.).

В результате, из шламового концентрата с массовым содержанием около 1% урановой руды с содержанием 90—60 мг радия на тонну

(по сухому) шлама получали чистую соль (бромид радия) с содержанием около 58% радия.

В 1950 г. технология получения концентрата и солей радия была освоена. При этом среднее извлечение радия составило около 93%.

Радий как источник альфа-, бета- и гамма-излучения, радона является одним из самых опасных веществ для здоровья работающих с ним людей. В этом состояла сложность при освоении производства солей радия. В процессе освоения и совершенствования технологии, механизации процессов и отдельных операций, а также проведения ряда организационных мероприятий были достигнуты такие условия труда, при которых на рабочих местах концентрации всех видов вредностей не превышали нормы.

В результате освоения технологии и ее усовершенствования выпуск препаратов радия возрос к 1956 г. по сравнению с 1951 г. в 5,5 раза. За шесть лет работы завод полностью обеспечил потребность в радиии. В 1957 г. на основании постановления СМ СССР от 20.06.56 г. производство солей радия на заводе было прекращено. Была поставлена задача по приготовлению из накопленных солей радия источников излучения для нужд народного хозяйства. В 1958 г. производство источников было организовано. Производились гамма-источники 12 видов, радий-бериллиевые нейтронные источники 4 видов, жидкие источники для получения эманации радий-радона. В 1967 г. изготовление всех источников излучения на заводе было прекращено.

Совершенствование технологии производства естественного урана. Химико-металлургическое производство урана за период с 1945 г. до его закрытия прошло большой путь совершенствования технологии, механизации процессов, значительного улучшения всех технико-экономических показателей.

Напряженная программа требовала мобилизации сил всех производственных подразделений завода, и коллектив проделал огромную работу по модернизации всего комплекса производства урана.

В 1952—1954 гг. кислотно-содовая схема переработки руд была заменена безфильтрационной сорбционной схемой, основанной на свойствах карбоксильных смол селективно сорбировать уран из растворов и пульп. При регенерации сорбента слабым раствором кислоты уран переходит в раствор, который по-

ступает на осаждение концентрата и последующие операции. Эта работа проводилась под руководством начальника лаборатории НИИ-10 Б.Н. Ласкорина (ныне академик РАН), научного сотрудника Н.Н. Токарева, начальника цеха С.А. Царева.

В рудном производстве внедряется схема дополнительной очистки химконцентрата насыщенным раствором бикарбоната аммония, основанная на свойстве солей уранила образовывать в карбонатной среде кристаллические соединения — аммоний урания трикарбонат.

Непрерывный процесс двойной кристаллизации аммоний урания трикарбоната с противоточной промывкой кристаллов насыщенным раствором карбоната аммония на спиральных классификаторах по предложению работников завода Г.Я. Сальмана, Ю.Н. Голованова, А.В. Багрянова, А.И. Лисовского и других позволил получать чистые оксиды урана, не требующие дополнительной химической очистки. Одновременно периодическая прокатка аммоний урания трикарбоната до оксидов была заменена непрерывной их прокаткой во вращающихся печах. Это позволило внедрить прогрессивную комплексную соляно-фторидную схему получения тетрафторида урана, разработанную доктором техн. наук Н.П. Галкиным, с непрерывными процессами сушки тетрафторида во вращающихся печах. Внедрение этой схемы позволило резко сократить ручные операции, снизить трудоемкость, улучшить условия труда и высвободить значительную часть работающих сотрудников для комплектации вновь создаваемых производств.

В связи с решением о строительстве на Комбинате № 817 тяжеловодных реакторов, использующих в качестве теплоносителя и замедлителя нейтронов «тяжелой воды», коллективу поручается освоение и выпуск опытных партий блоков из урана размерами 22×75 мм, а затем и обеспечение ими тяжеловодных реакторов ОК-180, ОК-190.

Необходимо было от литейной технологии получения стержней диаметром 38—40 мм для токарной обработки перейти на технологию получения отливок диаметром 100–120 мм, пригодных для проката или прессования с получением штанг диаметром около 25 мм для последующей обработки до 22 мм.

Технология изготовления блоков путем проката сводилась, в основном, к следующему: от-

ливка слитков диаметром около 100 мм; индукционный нагрев слитков до температуры около 980 °С; прокатка слитков до диаметра около 25 мм; охлаждение штанг, нагретых до температуры не ниже 800 °С, в холодной воде; токарная обработка с последующей герметизацией.

Коллективы завода, НИИ-9 и НИИ-13 (НИИ-9, завод осуществляли литье, прокат, термообработку, НИИ-13 — герметизацию в алюминиевую оболочку через никелевый подслоя, наносимый на поверхность уранового блочка) успешно решили эту проблему. Силами заводских служб была проведена реконструкция металлургического передела, которая предусматривала: замену реакционных 75-литровых сосудов, футерованных фтористым кальцием, восстановительного передела на печи шахтного типа вместимостью до 430 л, футерованных графитом; замену плавильных агрегатов с нагревом токами высокой частоты графитового тигля и его содержимого с электрической мощностью 60 кВт на агрегаты мощностью 100—150 кВт с вместимостью тигля по урану с 60 до 250 кг и донным розливом урана в чугунные изложницы вместо графитовых; монтаж прокатного оборудования и специальных устройств для нагрева слитков, надрезки штанг, охлаждения их в холодной воде с последующей разделкой штанг на заготовки под токарную обработку.

Все возрастающие потребности в оружейном уране и плутонии для ядерного и термоядерного оружия требовали повышения накопления плутония за цикл облучения блоков, что сдерживалось ограничениями по стойкости блоков из-за радиационных повреждений последних.

Проблема была решена специалистами НИИ-9, НИИ-13 и завода путем легирования урана малыми количествами железа и кремния, а также внедрения проката и закалки (фиксирования зерна) из гамма-фазы.

В таком виде (с небольшими изменениями) технология была унифицирована и использовалась на всех предприятиях МСМ подобного профиля вплоть до последних лет. За решение этой и ряда других задач химико-металлургического производства природного урана большая группа работников НИИ-9, завода и главного управления (ГУ) была удостоена Ленинских премий, в том числе начальник 3-го ГУ

Н.Ф. Квасков, директор завода С.И.Золотуха, технологи А.Н. Паргин, Т.А. Пуртова.

Этот период характерен еще и тем, что вместо ранее выпускавшихся блоков БК, БКТ и других начался выпуск в химико-металлургическом производстве блоков КВК, КВМ и ДАД-21. На Машиностроительном заводе выпуск урановых блоков был прекращен в 1967 г.

Надо отметить, что в те годы производство урана в виде блоков для промышленных реакторов, как и переработка урансодержащих руд, осуществлялась уже на нескольких заводах МСМ. И этот период в развитии урановых производств заводов можно характеризовать как соревновательно-конкурентный. Заводы соревновались не столько в количестве выпускаемых блоков, сколько в их качестве. Соревновались и конкурировали в стойкости блоков, себестоимости, степени автоматизации технологических процессов, условиях труда и других показателях. Это был период наибольших достижений в развитии этих производств на всех предприятиях аналогичного профиля.

В те годы шло и совершенствование техпроцесса получения металлического кальция. Так, в 1958 г. после реконструкции цеха внедряется полная утилизация хлора в абсорбционных камерах известковым молоком с получением раствора хлористого кальция, производимый после упарки и сушки которого порошок шел на получение медно-кальциевого сплава в электролизерах. Это резко оздоровило атмосферу города, так как до этого весь газообразный хлор, выделявшийся при электролизе, выбрасывался в атмосферу.

Повышается токовая нагрузка на электролизерах, что значительно повышает извлечение кальция и сокращает расход электроэнергии на производство каждой тонны кальция.

Разрабатывается оборудование и технология получения высокочистого монокристаллического кальция в виде стержней, пластин, а также процесс проката монокристаллического кальция до фольги, которая в виде рулонов или отдельных карт шла на изготовление источников тока в отдельных видах систем оборонной техники. Монокристаллический кальций потребляли и предприятия МСМ, выпускавшие высокообогащенный уран через тетрафторидную схему.

Производство блоков БК, БКТ и др. Начало работ с обогащенным ураном. Следующая важная и достаточно сложная задача, поставленная

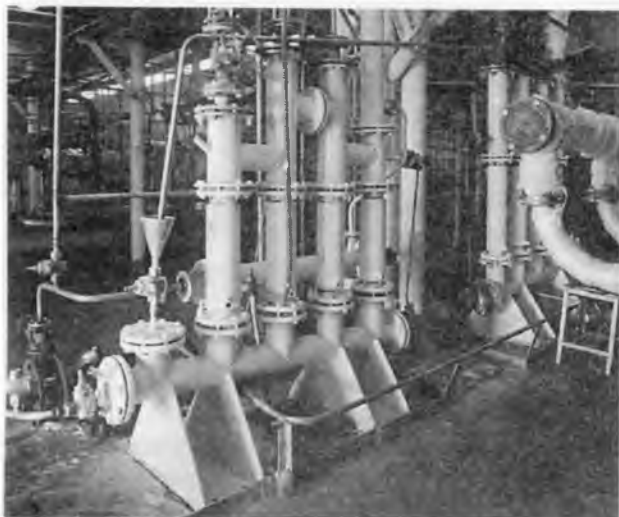
перед коллективом завода, — это изготовление металлокерамических блоков для промышленных реакторов. Для этого в 1950 г. было организовано новое структурное подразделение завода — Производство № 13 (Производство № 1 — переработка руды; Производство № 2 — химико-металлургическое с опытным и «большим» заводами), призванное освоить новую технологию изготовления металлокерамических изделий из обогащенного урана.

Предусматривались: переработка и очистка закись-окись обогащенного урана с получением слитков металлического урана; получение уранового порошка (крупки), порошка магнезия; прессование металлокерамических сердечников и их герметизация в алюминиевую оболочку, а также переработка оборотов обогащенного урана. Выпускаемые металлокерамические изделия состояли из порошков урана, обогащенного изотопом уран-235 до 2%, и магнезия, предназначались для получения трития при облучении в промышленных, а также исследовательских реакторах. Сырьем служила загрязненная закись-окись обогащенного урана, поступающая с диффузионных заводов.

Все химико-металлургическое новое производство было спроектировано аналогично производству природного урана, действовавшему в тот период на заводе с учетом ядерной безопасности аппаратуры и процессов, т. е. в основу была положена оксалатная очистка с получением чистого диоксида урана для тетрафторида, который восстанавливался кальцием методом внепечного восстановления с получением металла в слитках. Слитки урана измельчались до порошка (крупки) резанием и истиранием. Аналогично получались и порошки магнезия.

Осветленные и высушенные порошки определенной фракции смешивались в пропорции Mg-U примерно 1:5 (по массе), и с помощью известных процессов холодного прессования шашки и экструзии последней из них получали прутки и трубы для различного типа изделий. За счет токарной обработки производили заготовки для герметизации в алюминиевую оболочку.

Цилиндрические заготовки для блоков БК-37 герметизировались аналогично урановым блокам, а заготовки для блоков БКТ герметизировались в трубчатый стакан из алюминия марки АМЧН, получаемый из труб путем выворотки за несколько переходов.



Фрагмент ядерно-безопасного химического оборудования

Все работы по освоению технологии получения заготовок и герметизации осуществлялись под научным руководством сотрудников ВИ-АМ Р.С. Амбарцумяна, А.М. Глухова и др. От завода значительный вклад в освоение этой технологии внесен был И.Т. Образцовым, С.И. Назаровым, С.П. Козловским и др. Бригада под руководством работника завода



А.И. Лисовский, технолог

А.И. Лисовского за несколько лет работы коренным образом преобразила технологию и аппаратное оформление. Были созданы ядерно-безопасные аппараты растворения сырья и отходов, осаждения и кристаллизации, сушки и прокалики солей, сорбции и десорбции урана из растворов, экстракции и др. Некоторые из аппаратов, созданные этими бригадами, были на уровне изобретений.

Процесс получения порошка из компактного урана с целью улучшения условий труда и повышения технико-экономических показателей заменяется процессом получения пиропорошка урана, т.е. как бы возвращается уже забытая «немецкая» технология получения ме-

таллического урана, но на новом уровне. Эта технология получения пиропорошка существует на заводе и по сей день, но уже для других целей.

Параллельно с выпуском металлокерамических изделий типов БК и БКТ началось освоение и выпуск твэлов для исследовательских реакторов бассейнового типа, которыми начали оснащаться исследовательские центры как в СССР, так и за рубежом. По композиции и технологии изготовления эти твэлы были аналогичны изделиям БК. Отличие было в геометрии сердечников и твэлов, а также в том, что твэлы собиравались в кассеты с чехлом из алюминия.

Одновременно осваивается технология получения трубчатых твэлов для материаловедческого реактора (МР). Конструкция их уже отличается от конструкций изделий БК, БКТ и ЭК-10. Отдельные элементы изготавливаются из материалов с разными степенями обогащения ураном-235 (от 5 до 90%), длина трубчатых сердечников составляет примерно 500 мм, а общая длина твэлов — около 1000 мм. Впоследствии металлический порошок урана заменяется на спеченный и измельченный диоксид урана, а магниевый порошок — на алюминиевый.

Дальнейшее совершенствование изделий МР и серии подобных твэлов для исследовательских реакторов ВВР-М шло за счет замены композиции металлокерамической на сплав урана с алюминием и изготовления твэлов путем совместного выдавливания (экструзии) сплава, помещенного в толстостенный стакан из алюминия.

В 1953 г. выходит постановление СМ СССР от 24.10.53 г., в котором завод обязуется изготовить и поставить ТВС на строящуюся тогда в г. Обнинске первую в мире АЭС электрической мощностью 5000 кВт. Конструкция твэлов, называемых АМ, была разработана НИИХИММАШ (руководитель Н.А. Доллежал), технология разрабатывалась в ФЭИ



И.Т. Образцов,
начальник цеха



Двор

(г. Обнинск) под руководством конструктора-технолога В.А. Малых.

Уже в конце 1953 г. в Производстве № 3 Завода № 12 разворачиваются работы по реконструкции корпуса 50 для выпуска твэлов. Одновременно в химико-металлургическом переделе этого производства отрабатывается технология получения сплава уран-молибден, выработки из сплава крупки определенной фракции, осветления и дегазации ее.

Твэл представлял конструкцию из двух коаксиально расположенных нержавеющей стальных трубок длиной около 2 м. В кольцевой зазор между трубками помещались дистанционирующие устройства (звездочки), все пространство затем заполнялось крупкой из сплава уран-молибден, содержащего 9% последнего. После такой подготовки межтрубное пространство заливалось магнием в вакуумной установке. Внешняя трубка с диаметром около 17 мм и толщиной стенки 0,2 мм имела по всей длине несколько десятков кольцевых гофр с целью уменьшения термических напряжений при заливке магнием, а также при эксплуатации. Внутренняя трубка диаметром 9,5 мм была гладкой.

После заливки производилось охлаждение (кристаллизация) магния путем циркуляции через внутреннюю трубку свинцово-висмутовой эвтектики. Кольцевой зазор на концах после заливки тщательно очищался от магния, а затем через нержавеющий стальной стаканчик герметизировался роликовой контактной сваркой. Далее твэл проходил электрохимическую полировку и контроль качества заливки на тепловом стенде.

При освоении технологии в силу новизны, сложности технологии и недостаточной подго-

товки кадров для таких тонких работ в первый период освоения годных по всем параметрам твэлов получить не удавалось. И только в начале 1954 г. процесс удалось стабилизировать, и к началу загрузки реактора (апрель 1954 г.) комплект твэлов был изготовлен и отправлен на сборку на опытный завод НИИХИММАШ. Серьезный вклад, кроме бригады ФЭИ, руководимой В.А. Малыхом, внесли работники завода — начальник цеха Н.С. Смирнов, технолог цеха В.И. Агеенков, инженеры Е.И. Чирков, А.И. Партин, К.А. Колосов, А.Ф. Ракидин, Г.И. Миронов, В.Т. Куприянов и др.

Как известно, 27 июня 1954 г. состоялся пуск первой в мире АЭС. Учитывая перспективу в развитии ядерной энергетики, на заводе был организован новый цех по выпуску твэлов АМ, обслуживающий в дальнейшем также Белоярскую АЭС и Библибинскую АТЭЦ.

С 1954 г. в цехе начинается подготовка к освоению технологии изготовления твэлов для ледокола. Этот период характерен поиском наиболее надежных конструкций и технологий для осуществления поставленных задач.

Первая активная зона для реактора судового типа (ВМ-А) была изготовлена заводом в 1955 г. по конструкторской документации НИИКИЭТ под научным руководством ИАЭ. Это были первые шаги в разработках и поиске конструкции и технологии изготовления твэлов, ТВС и в целом активной зоны. С этих первых шагов и начался непростой, но яркий путь отечественного твэлостроения для судовых ядерных установок. Первопроходцами на этом пути были П.А. Деленс, В.И. Михан (НИИКИЭТ), В.П. Юкин (ИАЭ), Н.С. Смирнов, В.И. Агеенков (Завод №12). Очевидно, что без оперативной работы черной металлургии и, в частности, УкрНИТИ с его опытным заводом (Я.Е. Осала) невозможно было решить в сжатые сроки такие проблемы. Это их заслуга в разработке технологии и выпуске в нуж-

Н.С. Смирнов,
начальник цеха

ных количествах при надлежащем качестве особо тонкостенных нержавеющей стальных труб большой гаммы типоразмеров для твэлов Обнинской АЭС и морского флота.

Производство металлокерамических блоков для промышленных реакторов требовало наращивания мощностей по выпуску урана различных степеней обогащения в виде диоксида урана, его сплавов и др. В то же время все процессы неизбежно приводили к технологическим оборотам и отходам, которые нужно было за счет химических процессов доводить до кондиций и нужного производству изотопного состава. Сложность состояла в том, что наряду с различными степенями обогащения (от 2 до 20% по урану-235) отходы и обороты получались разными по содержанию наполнителей и конструкционных материалов (алюминия, магния, молибдена, нержавеющей стали), а также с разной степенью перехода в растворы как урана, так и примесей.

Решались эти задачи путем организации участков в малых корпусах, оставшихся от снаряжательного производства, а также строительства новых, небольших по площадям.

Осуществление технологических процессов в них велось раздельно по низким и средним степеням обогащения. Аппаратура для непрерывного осуществления процессов с ядерно-безопасной геометрией появилась несколько позже, поэтому все они шли периодически, а ядерная безопасность достигалась только предельной загрузкой по урану-235 при строгом контроле за ней.

Разделение изотопов лития. Постановлением СМ СССР от 01.10.54 г. заводу поручается организация производства по разделению изотопов лития и выпуск обогащенного изотопом литий-6 хлористого лития. Чем обусловлен выбор Завода № 12 можно строить только догадки. Подобное производство в то время уже действовало на одном из предприятий ПГУ (МСМ). Правда, мощности по выпуску обогащенного до 90% литием-6 продукта были ограничены. Расход электроэнергии, а следовательно, и стоимость конечного продукта были весьма высокими.

Как известно, в природном литии содержание изотопа литий-6 составляет 0,7%. В водородной бомбе использовался продукт, обогащенный до 90% литием-6.

Получение обогащенного урана осуществля-

ется на специальных разделительных каскадах, которые отличаются высокой сложностью конструкции, уникальностью, повышенными требованиями к непрерывности работы, взрывобезопасности, герметичности и надежности, высокой вредностью циркулирующей в каскаде ртути. Принципиальная особенность действовавшей в то время схемы разделения изотопов лития — непрерывность прямого потока через весь каскад разделения.

В конце 1954 г. на заводе начинается строительство корпуса 145, в основу которого закладывается технология Ленинградского физико-технического института, предусматривавшая получение обогащенного до 90% изотопом литий-6 хлористого лития в непрерывном процессе. Научное руководство осуществлял академик Б.П. Константинов. Проектирование всего комплекса выполнял ГСПИ-12, разработку и изготовление нового оборудования для цепочек разделения — НИИХИММАШ (г. Свердловск).

В конце 1955 г., т. е. всего за год, корпус 145 был построен и оснащен необходимым оборудованием. Сырье в виде кристаллов гидроксида лития поступало с Красноярского завода 3-го ГУ МСМ. Далее шла подготовка 1,5–3 н. раствора электролита LiOH. Электролит поступал в электролизер длиной 10 м и шириной 0,5 м с токовой нагрузкой 20 кА, катодом в котором служила ртуть, а анодом — никель. В электролизере шел процесс образования примерно 0,7 н. раствора амальгамы, который поступал на разделительный каскад. После прохождения разделительного каскада шло разложение амальгамы водой и отделение ртути от обогащенного литием-6 продукта. Ртуть возвращалась в голову процесса. Литий-6 соляной кислотой переводился в хлористый литий, который упаркой превращался в кристаллы и в таком виде отправлялся потребителям. В процессе разделения изотопов на разделительном каскаде обедненные литием-6 растворы противотоком поступали также в голову процесса. Отвальные растворы гидроксида лития (обогащенные до 99,6% литием-7 и до 0,4% литием-6) упаривались и в виде кристаллов отправлялись потребителям.

Начался период пуско-наладочных работ и отработки технологии. В мае 1956 г., т. е. через 5 мес. после их начала, была получена первая партия готового хлористого лития, обогащенного до 90% изотопом литий-6. Основная труд-

ность при освоении новой технологической схемы заключалась в обеспечении циркуляции прямого и обратного потоков по всей длине разделительного каскада, состоявшего из 180 разделительных ступеней, распределенных в наклонных колоннах диаметром 450 мм и длиной около 9 м, оснащенных мешалками из перфорированных дисков винипласта, закрепленных на валу, проходящему по всей длине колонны. Долгие 5 мес. ушли на доведение режима непрерывного процесса в каскаде.

Не менее сложной оказалась проблема транспортирования амальгамы. Требовалось создать конструкцию насоса, обеспечивающего подъем амальгамы на высоту более 10 м при минимальном перемешивании растворов и имеющего исключительно надежную герметичность. Волгоградским заводом «Баррикады» были созданы и внедрены в производство винтовые насосы объемного действия, удовлетворяющие требованиям работы в каскаде.

В каскаде предусматривалась работа нескольких электролизеров, включенных последовательно в электрическую цепь постоянного тока. Протекающий по электролизерам поток ртути усложнял обеспечение электрической изоляции между электролизерами. Эта проблема была решена путем разрыва электрической цепи с помощью токопрерывателей струйного типа, разработанных заводскими конструкторами и технологами.

Обеспечение длительной и устойчивой работы всех технологических агрегатов такого сложного комплекса, как разделительный каскад, было невозможно без высокой степени автоматизации управления процессом. Работниками цехов совместно со службами завода и, в первую очередь, со службой главного прибориста была создана автоматизированная система контроля и управления работой каскадов с центрального пульта управления.

Надежность системы характеризует воспоминание ветерана производства, технолога И.И. Кузнецова. В один из обходов он обнаружил отсутствие на рабочих местах обслуживающего персонала, который, оказывается, был в помещении центрального пульта. В ответ на замечание технолога бригадир спокойно ответил: «Мы видим работу всего оборудования на пульте, и нам не обязательно постоянно находиться возле агрегатов».

Производство начало устойчиво работать и

обеспечивать продуктом, обогащенным литием-6, предприятия ПГУ, одновременно совершенствуется техпроцесс и оборудование. В то же время шло совершенствование оборудования и процесса на предприятии в Кирово-Чепецке. Достижения этих двух первенцев промышленного разделения изотопов лития легли в основу проекта современного на тот период производства на Заводе № 250, которое было введено в эксплуатацию в начале 60-х годов. В 1961 г. цех разделения изотопов лития на Заводе № 12 был закрыт.

Значительный вклад в освоение новой технологии, организацию производства и обеспечение нужным продуктом для создания ядерного паритета внесли ветераны завода: первый начальник цеха И.Т. Образцов, Н.Я. Батуров, П.Н. Уральский, А.П. Кернич, К.А. Колосов, И.И. Кузнецов, Б.А. Александровский и многие другие.

Необходимо в дополнение отметить, что в 1956 г. завод, создав опытный участок, отработал технологию и поставил необходимое для испытаний количество металлического лития и гидридов лития. Опытный участок функционировал всего один год. На основе работы этого участка и появились производства в системе ПГУ по выпуску подобных продуктов. Значительный вклад в это был внесен ветераном завода, технологом И.Л. Никитиной.

Феррито-бариевые магниты. С 1960 г. на заводе прекращается производство фильтров для газодиффузионных комбинатов по разделению изотопов урана. Закрытие производства было обусловлено доработкой на одном из комбинатов технологии получения металлокерамических фильтров, имевших лучшие технико-экономические показатели, объем производства их обеспечивал потребности всего МСМ.

В это время уже дорабатывается технология разделения изотопов урана центрифугированием. Для центрифуг потребовались постоянные анизотропные феррито-бариевые магниты с определенными характеристиками. Имевшиеся в СССР мощности по изготовлению таких магнитов (Завод № 508 Министерства энергетической промышленности) не могли обеспечить потребности МСМ.

В соответствии с распоряжением СМ СССР от 14.06.60 г. на заводе разворачиваются работы по созданию крупного производства по выпуску магнитов, магнитных подвесок для цен-

трифуг, а также магнитопроводов для статоров электродвигателей к ним.

Первой стадией организации производства явилось создание силами заводских служб опытного производства на территориях, освободившихся от изготовления фильтров. Вторая стадия — организация крупного цеха на территории бывшего цеха переработки урансодержащих руд и концентратов. В конце 1960 г. опытное производство было организовано, и с 1961 г. осуществлялись поставки магнитных подвесок на машиностроительные заводы, изготавливавшие центрифуги.

Сырьем для получения анизотропных феррито-бариевых магнитов на первой стадии производства были оксид железа (железная окалина от горячего проката металлургических заводов), углекислый барий и каолин. Последние доставлялись с предприятий Минхимпрома. С начала 70-х годов с пуском цехов по производству гексаферрита бария на Первоуральском хромпиковом заводе и на Донецком заводе химреактивов сырьем уже служил гексаферрит бария. Это хоть и сократило несколько технологический цикл и сделало технологическую цепочку короче, однако не убавило сложностей в производстве. Опытное производство, созданное для отработки оборудования и технологии, просуществовало 6 лет и в 1966 г. было закрыто.

Основной цех был введен в эксплуатацию в 1962 г., однако в связи с недостатками проекта, неполной отработанностью оборудования выпуск магнитов осуществлялся параллельно и в опытном, и в основном производстве, так как потребности в то время возрастали ежегодно в 2—3 раза.

В процессе освоения производства шла интенсивная работа по механизации и автоматизации технологических процессов получения порошков для прессмассы, обезвоживания пульпы, прессования заготовок, сушки прессовок, стабилизации и контроля магнитных характеристик. Проведенные работы позволили создать производство анизотропных феррито-бариевых магнитов современного уровня. Параллельно наращивались мощности по выпуску различных типоразмеров магнитов для нужд отраслей промышленности, изготавливающих бытовую технику (громкоговорители, стиральные машины и др.).

Начиная с 1961 г. постоянно улучшаются характеристики магнитов для центрифуг. Так, в

1964 г. для центрифуг типа «128» осваивается новая модификация магнитов с увеличенной магнитной индукцией в зазоре 4,2 мм, равной 700—500 Гс, вместо ранее выпускавшихся с магнитной индукцией 500—550 Гс.

В 1970 г. цех выпускает машины для центрифуг уже с магнитной индукцией 1000 Гс. Это достигается некоторым увеличением габаритов магнита, а, в основном, за счет улучшения его характеристик. С 1978 г. магниты для центрифуг второго поколения «177Б» с той же магнитной индукцией выпускаются уже с уменьшенной массой.



В.М. Глухов,
начальник цеха

В 1982 г. у магнита для центрифуг третьего поколения магнитная индукция уже составляет 1200 Гс, правда, при повышении массы его на 15%. В системе «351» центрифуг третьего поколения этот показатель в зазоре 4 мм и в интервале температур 15—30 °С составляет уже 1735—1580 Гс.

Необходимо отметить, что все проводимые работы по совершенствованию технологии, повышению всех характеристик проводились и проводятся в основном силами цеховых служб. За эти годы благодаря успешному руководству цехом первым его начальником В.М. Глуховым, технологами С.Т. Логвиновым, И.В. Гуровым, Ю.И. Яковлевой заложены традиции работать только творчески, качество — первая забота, что и обеспечивает хорошие отзывы о продукции со стороны потребителей. А руководители — В. М. Глухов, И. В. Гуров — были награждены орденами Трудового Красного Знамени.

Твэл. Последующие три-четыре года после пуска первой в мире Обнинской АЭС характеризовались значительной активностью мировой научной общественности, ученых-ядерщиков, деятелей науки смежных областей, а также промышленности, так или иначе связанной с ядерной энергетикой.

Все промышленно развитые страны в те годы создают свои первые опытные АЭС. В

СССР проектируется и строится Белоярская АЭС под Свердловском, Ново-Воронежская АЭС в Воронежской области.

Производство тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок поручается Машиностроительному заводу (бывшему Заводу №12), коллектив которого к этому времени уже имеет некоторый опыт работы с обогащенным ураном, а также опыт изготовления твэлов и сборок для исследовательских реакторов и Обнинской АЭС. Однако производственные мощности, уровень техники и технологии были, конечно, недостаточны для решения широкомасштабных задач. По решению Правительства с 1957 г. начинается серьезная реконструкция завода для опытного, а затем и серийного производства твэлов и ТВС. Все усилия коллектива нацеливаются на создание мощностей по отработке технологии и выпуску твэлов и ТВС для реакторов АЭС, а также реакторов транспортных установок Министерства морского флота.

Естественно, что такое серьезное переупрофилирование завода с химико-металлургического профиля на профиль, по сути, машиностроительный сугубо оборонной направленности на выпуск гражданской промышленной продукции не могло осуществиться без крупных капиталовложений, серьезных организационных переустройств и социальных издержек.

Так, первая очередь реконструкции оценивалась более чем в 100 млн. руб. (в ценах того времени). Переквалификации, а также переводу из закрываемых цехов в цеха вспомогательного производства было подвергнуто более 3 тыс. рабочих и инженерно-технических работников. Таким образом, начиналась вторая в истории завода конверсия, осуществлявшаяся поэтапно в течение почти 10 лет. С этого времени проводится реорганизация управленческого комплекса завода. В годы начального периода создается по сути заново его инженерная служба. Тот период отличается совмещением всех этапов создания новой техники, технологии, новых производств, подготовки и переподготовки кадров всех уровней. Такое совмещение позволило значительно сократить сроки создания опытных производств и, конечно, получения опытных образцов и выпуска опытно-промышленных грузов первых головных энергоблоков АЭС и энергоблоков транспортных установок.

Развитие твэлостроения на заводе условно можно разделить на два этапа.

Подготовительный этап (1952—1964 гг.) характеризуется созданием целой серии исследовательских и материаловедческих ядерных реакторов (ЯР). Для работы последних требовалось ядерное топливо (ЯТ). Обеспечение ЯТ было поручено Машиностроительному заводу, который вплоть до конца 60-х годов являлся поставщиком всех типов твэлов и ТВС исследовательских и материаловедческих реакторов как в СССР, так и в некоторые зарубежные страны.

В этот период предприятием была разработана промышленная технология: очистки исходного обогащенного изотопом уран-235 сырья от примесей и получения оксидов и тетрафторида для изготовления ЯТ; изготовления ЯТ на основе урана, его сплавов и крупки диоксида; изготовления твэлов всевозможных размеров и профилей; контроля неразрушающими методами параметров твэлов: равномерности распределения урана по длине и сечению, толщины оболочки, сплошности сцепления сердечника и оболочки, а также наличия внутренних дефектов.

В результате выполненных работ была создана унифицированная промышленная технология изготовления серии надежных твэлов и ТВС для исследовательских и материаловедческих ЯР, что является большим вкладом предприятия в ядерную энергетику. В конце 60-х годов весь комплекс работ по производству твэлов для исследовательских ЯР передается на Новосибирский завод химконцентратов.

Второй этап (1964 г. — настоящее время) характерен разработкой и созданием экономичных и надежных энергоблоков АЭС учеными и конструкторами МСМ. На этом этапе создаются опытно-промышленные АЭС на тепловых нейтронах — уранграфитовые канального типа и водо-водяные корпусные, а также реакторы на быстрых нейтронах.

При этом предприятием совместно с научно-исследовательскими организациями МСМ была разработана промышленная технология и организовано производство более 60 типов твэлов и ТВС для различных опытных, промышленных и серийных энергетических ЯР.

Наращение объемов, новизна и многообразие типов ЯТ потребовали разработки новых

более производительных и надежных техпроцессов и методов контроля.

Были разработаны следующие промышленные технологии: высокотемпературного гидролиза гексафторида урана с получением диоксида «керамического» сорта, осуществляемого в аппаратах «Сатурн» по разработкам НИИ-9 и завода (Евсеев, С.И. Камордин, И.И. Кузнецов, Н.П. Дремин, Ц.Б. Иванян и др.) под научным руководством А.Н. Вольского и Ф.Г. Решетникова; восстановления гексафторида до тетрафторида в парах четыреххлористого углерода на установке «Изумруд» по разработкам НИИ-10 и завода (Н.П. Галкин, М.Ф. Свицерский, А.М.Белынцев, С.Н.Изотов); изготовления стержней, таблеток и втулок из диоксида урана по разработкам ВИАМ и завода (Р.С. Амбарцумян, В.М.Глухов, З.В.Садчикова, К.Я.Егоров и др.); изготовления твэлов таблеточно-стержневого типа в циркониевой оболочке и герметизации их электронно-лучевой или контактно-стыковой сваркой (ВИАМ, НИИ-9, завод); изготовления твэлов таблеточного типа с оболочкой из нержавеющей стали с герметизацией аргонодуговой сваркой (НИИ-9, завод); изготовления сложных комплекующих деталей из циркония и нержавеющей сталей для твэлов и ТВС; изготовления ТВС длиной до 7 м и массой более 800 кг; контроля качества неразрушающими методами плотности таблеток, сплошности топливного столба, дефектов сварных соединений, герметичности твэлов и др.; проведение коррозионных испытаний твэлов в воде высоких параметров.

Это был период отечественной науки, конструкторской мысли, больших технологических достижений, развития отраслей промышленности, связанных с ядерной энергетикой (машиностроения, металлургии, приборостроения, химии и др.).

Естественно, что успехи и достижения поощрялись присуждением Ленинских, Государственных премий, премий СМ СССР, вручением правительственных наград большим группам создателей новой техники. Лауреатами Ленинских премий стали среди работников завода Д.Д. Соколов — главный инженер завода в 1959—1965 гг., И. Т. Образцов и И.И. Кузнецов — начальники цехов, а лауреатами Государственных премий — К. Я. Егоров — главный инженер завода в 1965—1986 гг., Б.И. Ермолов — начальник цеха, З.В. Садчико-



Д. Д. Соколов,
главный инженер
в 1959—1965 гг.



К. Я. Егоров,
главный инженер
в 1965—1986 гг.

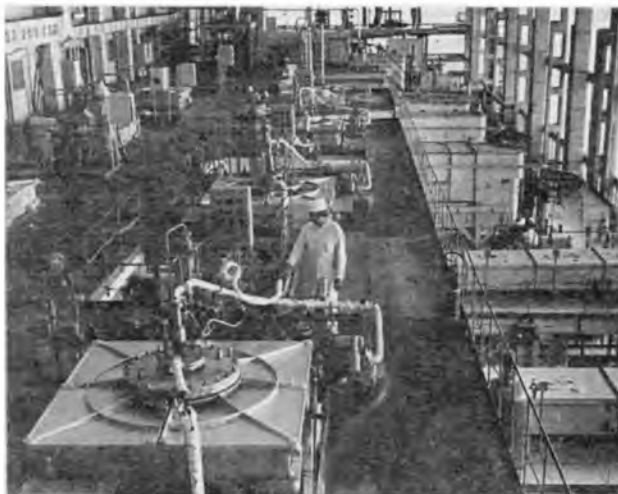
ва — технолог и многие другие. За освоение и внедрение новой техники в производство более 300 ИТР и рабочих были награждены орденами и медалями.

Развитие твэлостроения на первых этапах с проведением всех исследований по разработке промышленной технологии и изготовлению ЯТ на одном предприятии позволило в кратчайшие сроки, используя многостороннюю производственную базу и богатый опыт ИТР и рабочих, обеспечить производство ЯТ различного назначения, большой гаммы применяемых материалов и типоразмеров. Это является примером технической политики руководства отрасли и науки того периода, когда концентрация усилий науки, конструкторского производства под повседневным контролем руководства отрасли позволяла решать сложные проблемы в сжатые сроки.

Одновременно широким фронтом шло строительство новых корпусов и реконструкция старых для промышленного производства ЯТ АЭС. Так, за этот период возводятся новые современные корпуса: для переработки гексафторида до диокси-



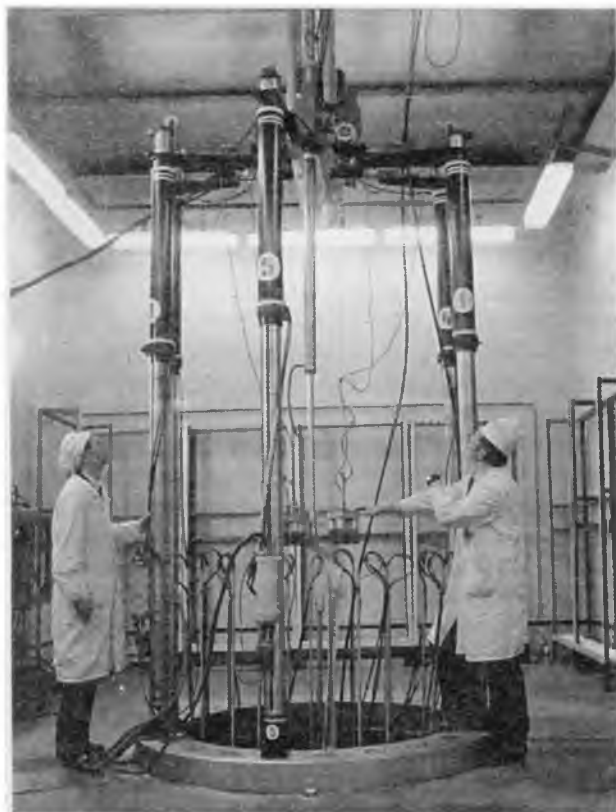
В.Ф. Коновалов,
директор завода
в 1979—1986 гг.



Цех переработки гексафторида до диоксида урана
в аппаратах «Сатурн»



Полуавтомат сварки дистанционных устройств
ТВС ВВЭР-440



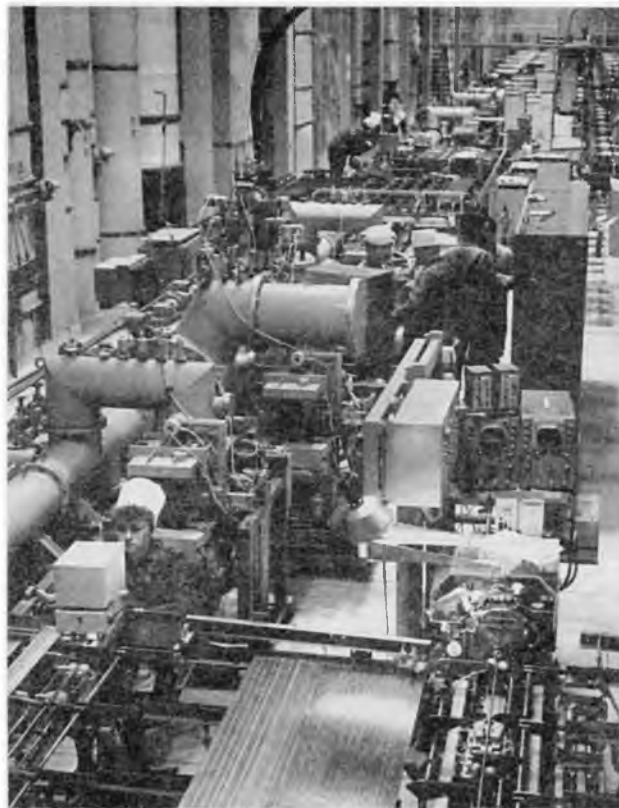
Стенд исследований физических характеристик
материалов

да урана керамического сорта; для изготовления из диоксида таблеток и твэлов типов ВВЭР-440, ВВЭР-1000 и РБМК-1000; для сборки твэлов в ТВС всех типов; для изготовления из нержавеющей стали, циркония и других металлов и сплавов всех комплектующих твэлов и ТВС; стендовый корпус с физическими критсборками, вибростендами, теплофизическими стендами в целях испытания материалов, конструкций, определения критических масс, полей энерговыделения и других параметров. Реконструируются старые корпуса, высвободившиеся от рудного, радиевого и химико-металлургического производства урана для переработки оборотов, отходов, изготовления твэлов со стальными оболочками (АМБ, ЭГП-6, БН и др.).

Были созданы инженерные службы (опытное КБ, технологический отдел, службы надежности, главного физика, главного прибориста с лабораторией автоматизации и др.), что позволило комплексно и на высоком инже-



Цех изготовления твэлов



Автоматизированная линия изготовления твэлов ВВЭР-440

нерном уровне решать задачи производства твэлов и ТВС.

Сложности при изготовлении твэлов и ТВС требуют максимальной механизации и автоматизации технологических и контрольных операций в целях гарантии стабильности их выполнения и соответственно получения качественной конечной продукции. Главной задачей становятся совершенствование промышленной технологии и автоматизация технологических процессов. В этот период осуществляется кооперация предприятий по изготовлению таблеток и комплектующих, а также некоторых видов ЯТ. Это позволило ввести в производство при нарастающих его объемах дополнительные силы и средства и, как и в производстве урановых блоков, конкурентноспособный аспект.

Учитывая сложность решаемых задач, к соз-



Автоматизированная линия изготовления твэлов РБМК

данию автоматизированных линий по изготовлению твэлов привлекаются отечественные и немецкие специалисты. Разработка автоматизированных средств контроля и проведение автоматизации технологического оборудования поручается ВНИИХИММАШ (г. Свердловск). Совершенствование технологии и автоматизация производства осуществляется по всему производственному циклу изготовления ЯТ: по химико-металлургическому производству — создание технологических цепочек, оснащенных автоматизированным ядернобезопасным оборудованием; по производству таблеток и сборке твэлов — создание автоматизированных линий; по выпуску комплектующих деталей — оснащение станками-автоматами, станками с ЧПУ, а также создание автоматизированных поточных линий; по сборочному производству — внедрение поточных механизированных линий; по контролю качества — оснащение автоматизированными установками и комплексами неразрушающего контроля; по всему производст-

ву — внедрение АСУ, АСУТП и систем управления на базе микропроцессорной техники.

Осуществление всех этих мероприятий стало возможным благодаря большой подготовительной работе с обогащенным ураном, изготовлению металлокерамических изделий БК, БКТ, ЭК-9, ЭК-10, МР, опытных изделий для опытно-промышленных АЭС, т.е. накопленному опыту по изготовлению твэлов и ТВС, а также постоянной помощи руководства МСМ, считавшего эту проблему (ЯЭ) одной из приоритетных задач всего министерства.

В результате комплексно решены следующие задачи:

1) на основе высокотемпературного гидролиза гексафторида урана с получением диоксида урана «керамического» сорта созданы производственные мощности с высоким уровнем автоматизации;

2) автоматизированы процессы приготовления прессмассы для получения таблеток из диоксида урана. Механизированы и автоматизированы процессы прессования таблеток (втулок), сушки, спекания и шлифования;

3) созданы автоматизированные линии для

изготовления твэлов реакторов ВВЭР-440. Разработаны и внедрены силами заводских служб автоматизированные линии по изготовлению твэлов реакторов РБМК. Производство твэлов для реакторов БН также осуществляется на автоматизированных линиях, изготовление ТВС — на поточных линиях с высоким уровнем механизации.

В итоге, к началу 80-х годов было создано современное производство твэлов и ТВС с высокой степенью механизации и автоматизации, состоящее из необходимого комплекса переделов для осуществления поставленных перед ним задач.

Однако поступательное развитие было приостановлено катастрофой на Чернобыльской АЭС, а затем и последующими политическими событиями, приведшими к распаду СЭВ и СССР. Все эти катаклизмы послужили причиной снижения выпуска ЯТ, недогрузок производственных мощностей со всеми вытекающими из этого последствиями. Наступил период «выживания», поиска альтернативной продукции, выпуск которой поможет сохранить рабочие места и квалифицированные кадры.

Хронология некоторых событий

Год	Основание	Мероприятие	Примечание
1945	Постановление СНК СССР от 13.10.45 г.	Начало реконструкции завода для выпуска металлического урана в виде блоков	Директор С.А. Невструев, главный инженер Ю.Н. Голованов
1946	—	Ввод в эксплуатацию опытного завода, а также второго и третьего цехов «большого» завода	Директор А.Н. Каллистов, главный инженер Ю.Н. Голованов
1947	—	Ввод в эксплуатацию цеха металлического кальция. Пуск цеха переработки урансодержащих руд (корпус 136)	—
1948	—	Перевод опытного и «большого» заводов на отечественный фторидный метод получения металлического урана. Начало освоения проката металлического урана.	—
	Постановление СНК СССР от 06.04.48 г.	Начало освоения производства диффузионных фильтров из никелевой сетки	
1949	—	Пуск второго цеха по переработке руд (корпус 135). Перечистка раствором бикарбоната аммония концентратов в рудном производстве	—
1950	Постановление СНК СССР (1949 г.)	Начало переработки радийсодержащих шламов с выпуском солей бромида радия	—
1951	Указание ПГУ от 03.07.51 г.	Организация Производства № 3 для работ с обогащенным ураном по выпуску металлокерамических блоков БК и БКТ. Внедрение прокатной технологии и герметизация с никелевым подслоем на «малышах»	Директор Ю.Н. Голованов (второй половина года), главный инженер С.И. Золотуха

Продолжение табл.

1952	—	Выпуск первых блоков типов БК и БКТ. Выпуск первых твэлов для исследовательского реактора РФТ	—
1953	Постановление СМ СССР от 24.10.53 г.	Начало освоения изготовления твэлов для Обнинской АЭС. Внедрение проката и никелевого подслоя для герметизации в производстве урановых блоков	—
1954	—	Награждение завода вторым орденом Ленина. Выпуск комплекта твэлов для первой в мире АЭС	—
1956	Постановление СМ СССР от 01.10.54 г.	Пуск цеха разделения изотопов лития в непрерывном каскаде. Выпуск опытных партий металлического лития и гидрида лития. Прекращение выпуска блоков типов БК и БКТ	Директор А.Н. Каллистов, главный инженер С.И. Золотуха
1957	—	Прекращение производства бромида радия. Зактытие цеха переработки шламов	—
1958	—	Прекращение переработки урансодержащих руд. Закрытие рудного производства. Полная утилизация хлор-газа в кальциевом производстве	—
1959	—	Выпуск первой загрузки ТВС для атомного ледокола «Ленин»	Директор С.И. Золотуха, главный инженер Д.Д. Соколов
1960	—	Прекращение производства диффузионных фильтров. Закрытие цеха	—
1961	—	Прекращение производства изотопа литий-6. Закрытие цеха	—
	Распоряжение СМ СССР от 14.06.60 г.	Начало выпуска феррито-бариевых анизотропных магнитов для центрифуг разделения изотопов урана	
1962	—	Начало освоения на заводе переработки гексафторида урана по газопламенной технологии	—
1963	—	Выпуск комплекта ТВС для реактора ВВЭР-210 Ново-Воронежской АЭС	—
1964	—	Выпуск комплекта ТВС для первого блока Белоярской АЭС	—
1965	—	Начало освоения корпуса 247 с критсборками и другими стендами для снятия некоторых характеристик твэлов и ТВС	Директор С.И. Золотуха, главный инженер К.Я. Егоров
1967	—	Прекращение выпуска урановых сердечников (заготовок). Закрытие химико-металлургического передела природного урана	—
1968	—	Выпуск активной зоны для второго блока Белоярской АЭС	—
1969	—	Выпуск ТВС для реактора ВВЭР-365 Ново-Воронежской АЭС	—
1971	—	Начало серийного выпуска ТВС ВВЭР-440	—
1973	—	Поставка комплекта ТВС РБМК-1000 на Ленинградскую АЭС. Поставка комплекта ТВС для реактора БН-350 Шевченковской АЭС	—
1974	—	Поставка первой активной зоны для Билибинской АТЭЦ	—

Продолжение табл.

1976	—	Поставка первой загрузки реактора АЭС «Ловиза» в Финляндии	—
1979	—	Прекращение выпуска герметизированных урановых блоков	Директор В.Ф. Коновалов, главный инженер К.Я. Егоров
1980	—	Поставка первой активной зоны (комплекта ТВС) для первой серийной зоны реактора ВВЭР-1000 Ново-Воронежской АЭС Поставка первой активной зоны (комплекта ТВС) для реактора БН-600 Белоярской АЭС	—
	Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 08.06.71 г. и приказ МСМ от 25.07.71 г.		
1983	Постановления СМ СССР от 19.03.79 г. и 17.04.79 г.	Поставка первой активной зоны РБМК-1500 для Игналинской АЭС	—
1986	—	Начало спада выпуска ТВС для АЭС	Директор А.Г. Мешков, главный инженер А.К. Панюшкин

Сибирь — топливная база ядерной энергетики

В.Л. Афанасьев, П.П. Игнатьев, А.С. Жуков, В.Ф. Кириндас

Датой рождения нашего предприятия считается 28 сентября 1948 г., день, когда Советом Министров СССР было принято Постановление о строительстве завода в г. Новосибирске.

За время своей деятельности завод имел несколько наименований. Наиболее известными из первоначальных открытых названий были «Почтовый ящик № 80», а из служебных — «Государственный союзный завод № 250. А последним, сохраненным по настоящее время, является наименование Новосибирский завод химконцентратов. Но это тоже наследие старой легенды. По своему фактическому профилю завод является одним из главных звеньев технологического цикла по производству ядерного топлива.

С момента зарождения и по настоящее время вся промышленная ядерная энергетика использует в качестве топлива легкой естественный изотоп уран-235, содержание которого в природном уране составляет 0,72%. При таком изотопном составе природный уран может работать в качестве топлива, но практически для более эффективного использования его обогащают по рабочему изотопу до 2—5%.

Первые промышленные реакторы работали на уране природного состава. Производителем такого топлива был наш завод в своем первоначальном состоянии. Он осуществлял полный технологический цикл химической, металлургической и механической переработки урана от рудного сырья до готовых теплоделяющих элементов. В его состав входило четыре основных цеха уранового топливного цикла и опытно-промышленное производство. По сложности технологии, разнообразию оборудования, производственной мощности и численности персонала это были цехи-заводы. Они занимали десятки тысяч квадратных метров и насчитывали по 1,5—2 тыс. работающих. Все основные подразделения завода работали на круглосуточном графике при непрерывном режиме.

В феврале 1951 г. вошел в строй действующий

опытный цех, в котором было представлено большинство технологических переделов урановой технологии будущего промышленного производства. На этой базе осуществлялось первичное освоение технологии и подготовка кадров для строящихся основных цехов. В течение нескольких месяцев работы этого цеха был освоен полный цикл первичного варианта технологии и в марте 1951 г. получены первые образцы металлического урана высокой чистоты. В том же, 1951 г. начался поэтапный пуск цехов основного производства.

Головным звеном технологического цикла был рудный цех или производство по извлечению урана из рудного сырья и концентратов, поставляемых с месторождений и обогатительных фабрик Средней Азии, Северного Кавказа, Казахстана, Прибалтики, Украины и стран Восточной Европы.

Технология извлечения урана базировалась на классических способах кислотного растворения, нейтрализации и избирательного осаждения с многочисленными фильтрациями и обработкой осадков. Самыми распространенными реагентами были азотная и серная кислота, сода и аммиачная вода. Процессы химической обработки сопровождались обильными выделениями оксидов азота, аммиака и других агрессивных веществ.

Такая технология была сопряжена с высокими затратами труда, материалов и сопровождалась явно выраженным, губительным воздействием на окружающую среду. Из вентиляционных труб цеха извергались обильные оранжевые «лисьи хвосты» оксидов азота, которые окрашивали небо над городом и разносились ветрами далеко за его пределы. А в пасмурную, сырую погоду на территории завода образовывались кислотные туманы и дожди. В летнюю пору деревья стояли с обожженными, побуревшими листьями, а птицы облетали завод стороной. Едким туманом жгло лицо и руки, слезились глаза, а на одежде проявлялись желтые пятна. Наверное, со стороны эта картина

представлялась зловещей, вызывая неприязнь и даже страх.

Но, к чести нашего коллектива, такое положение было не долговременным. Уже в первые годы была разработана и внедрена новая технология обработки сырья, в которой азотную кислоту заменили безобидным окислителем — пиролюзитом, природным марганцевым минералом. А вскоре для извлечения урана из растворов применили новые способы сорбции и экстракции.

Внедрение сорбционной технологии позволило во много раз уменьшить расход реагентов и сократить цикл переработки рудного сырья, исключив такие дорогие и трудоемкие операции, как фильтрация. Аналогичный эффект был получен от внедрения экстракции на стадиях очистки урана от примесей. В целом, была значительно снижена стоимость переработки сырья, повышено качество готовой продукции, улучшены условия труда и оздоровлена окружающая нас атмосфера.

Интересно отметить, что эти новейшие средства были разработаны и использованы в технологии извлечения урана значительно раньше, чем в гидрометаллургии цветных и редких металлов.

На заключительных стадиях рудного производства процесс заканчивался кристаллизацией аммонийуранилтрикарбоната $(\text{NH}_4)_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$. При этом достигалась глубокая очистка от примесей с одновременным формированием технологического переделного продукта. Кристаллы аммонийуранилтрикарбоната легко отделяются от водной фазы, удобны в обращении при перегрузках и переработке. В частности, при термической обработке в закрытом объеме это соединение разлагается с образованием оксида четырехвалентного урана, а отходящие газы регенерируются в форме бикарбоната аммония.

Оксид четырехвалентного урана, или диоксид, является важнейшим химическим соединением в урановом топливном цикле ядерной энергетики. Благодаря ценным физико-механическим и ядерно-физическим свойствам, диоксид урана используется как рабочий материал тепловыделяющих элементов. Практически незаменимую роль это соединение выполняет в технологии производства фтористых солей урана, главным образом тетрафторида UF_4 . В свою очередь, тетрафториду принадле-

жит ключевая роль в процессах производства гексафторида UF_6 и металлического урана.

Рудный цех успешно работал и развивался до середины 70-х годов, когда волевым решением химико-металлургические переделы переработки урана были переданы другим предприятиям. Цех перестал быть рудным, но не прекратил своей деятельности и не потерял значения в общем технологическом цикле завода.

С момента своего становления этому цеху принадлежит еще одна жизненно важная и благородная роль. Он является главным санитаром завода. Через его аппараты проходят все самые сложные и тяжелые в обработке твердые и жидкие отходы уранового производства, из которых тщательно извлекаются последние остатки этого ценного, но нежелательного для окружающей среды металла. Благодаря усилиям цеха завод работает по безотходному принципу. Все виды уранового сырья практически полностью превращаются в готовую продукцию, и только несколько сотых долей процента с твердыми отходами и отработанной водой консервируются в специальном хранилище.

Конечная продукция рудного цеха в форме кристаллической соли поступала на переработку в цех тонкой химической очистки.

Одним из главных критериев качества ядерного топлива является чистота урана. Допустимые пределы по самым распространенным на Земле элементам: кремнию, алюминию, железу и другим естественным примесям, составляют тысячные доли процента. При более высоких содержаниях примесей в урановом топливе ядерные реакторы теряют работоспособность. Поэтому на глубокую очистку урана затрачивается не меньше труда, энергии, материальных средств и творческих усилий, чем на его извлечение даже из бедных руд. Именно на переделах тонкой химической очистки закладываются основы качества ядерного топлива, определяющие эффективность всей ядерной энергетики.

Первичная технология глубокой очистки урана была основана на классических процессах избирательного осаждения урана из растворов и обладала высокой надежностью, однако этот эффект достигался очень дорогой ценой, за счет использования дефицитных реагентов, дорогостоящих материалов и кропотливого человеческого труда.

Промышленная химическая технология ура-

на прошла сложный путь развития и совершенствования. Над ее проблемами постоянно работали ведущие ученые отраслевого Института химической технологии, коллективы заводской науки и производственники. Наиболее совершенным вариантом глубокой очистки урана в отечественной промышленности стала комплексная фторидно-хлоридная схема. Она обеспечивает получение тетрафторида, стабильного по химическому составу, структуре и ряду других параметров, независимо от вида исходного сырья. По этой схеме с равным успехом перерабатывались собственные кристаллы аммонийуранилтрикарбоната, закись-окись сторонних поставщиков, металлургические обороты и разнообразные растворы от утилизации собственных оборотных продуктов.

Технологический комплекс фторирования включает несколько последовательных переделов:

термические печи непрерывного действия для получения диоксида урана разложением кристаллов трикарбоната или восстановлением закиси-окиси. Для предотвращения вторичного окисления, восстановленные оксиды принимаются из печей в репульпаторы и в виде водной пульпы передаются на фторирование;

каскады химических реакторов для растворения грязного сырья с последующим получением осветленных фторидно-хлоридных растворов;

главный каскад фторирования, на котором осуществляется осаждение тетрафторида с использованием пульпы диоксида фторидно-хлоридного раствора и металлургических отходов, выполняющих роль дополнительного восстановителя остатков шестивалентного урана;

каскад барабанных фильтров для отмывки осадков от маточного раствора и первичного обезвоживания тетрафторида;

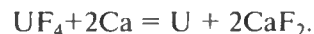
агрегаты трубчатых вращающихся печей сушки и проковки тетрафторида с целью полного удаления остатков гигроскопической влаги и полного разложения кристаллогидратов.

Обезвоженный кристаллический продукт использовался при получении металлического урана металлотермическим восстановлением для собственной технологии. Определенная часть тетрафторида в качестве товарного продукта поставлялась заводам по изотопному разделению урана, где путем обработки элементарным фтором его превращали в гексаф-

торид. На этой стадии заканчивалась гидрометаллургическая и химико-технологическая переработка природного урана.

В данном изложении приведена только главная схема прямой переработки без учета вспомогательных технологических цепочек утилизации урана из оборотных и некондиционных продуктов, отходов и промышленных сбросов. Это своеобразное вторичное сырье в форме нерастворимых остатков золы загрязненных вспомогательных материалов фильтратов, промывных и скрубберных вод, вентиляционной пыли и других отходов является самым сложным, трудоемким и дорогостоящим. Но даже при отсутствии рентабельности уран глубоко извлекается практически из всех видов отходов. Это обусловлено не экономической целесообразностью, а экологической безопасностью.

Последующие стадии основного технологического процесса включают процессы получения и переработки металлического урана. В отечественной металлургии практическое применение получил процесс металлотермического восстановления урана кальцием по экзотермической реакции:



Тепловой эффект взаимодействия тетрафторида урана с металлическим кальцием обеспечивает саморазогрев продуктов реакции в среднем до 2000 °С. Поэтому металлический уран и фтористый кальций образуются в расплавленном состоянии и в силу огромного различия плотностей легко расслаиваются на две самостоятельные фазы.

В первые годы работы промышленное восстановление металлического урана проводилось в стальных стаканах, футерованных изнутри фтористым кальцием. Единичная плавка металла составляла 40–60 кг. Продукты плавки охлаждались в реакционном объеме, после чего металл и шлак вместе с футеровкой выбивались из стакана и подвергались ручной разборке. Естественно, что такой процесс был непроизводительным, обладал высокой трудоемкостью и повышенной опасностью для работающего персонала.

Творческий процесс совершенствования восстановительной плавки урана обеспечил разработку современной технологии и металлургического оборудования, отвечающих сов-

ременным условиям безопасности и производительности труда, а также требованиям по экономической эффективности производства и качеству продукции.

В одном из последних вариантов восстановительная плавка урана проводится в стационарных шахтных печах, футерованных графитовой кладкой. Печи выполняются в форме цилиндрического или профилированного по высоте сосуда — реакционной шахты, с конусным основанием — днищем, имеющим центральное отверстие. Под днищем располагается металлоприемник — круглая чугунная изложница. Она имеет вертикальный осевой канал и от трех до шести цилиндрических полостей, расположенных вокруг центрального канала. В центральном канале установлена графитовая труба, к которой в нижней части примыкают радиальные горизонтальные литники, соединяющие трубу с каждой из рабочих полостей изложницы. Объемы реакционной шахты и металлоприемника обеспечивают восстановление от 6 до 10 т урана за одну операцию.

Исходная шихта, представляющая механическую смесь тетрафторида урана со стружкой кальция, загружается в реакционный объем печи через люк верхней конструкции — колошник. Предварительно, при подготовке печи к плавке изложница устанавливается в рабочее положение. Она плотно стыкуется осевым каналом с центральным отверстием днища шахты, а само отверстие перекрывается прокладкой из плотной бумаги или картона.

В состав исходной шихты часто вводится урановая стружка, образующаяся на стадии токарной обработки, в количестве 10—15% массы восстанавливаемого металла.

После загрузки печи колошник перекрывается верхней крышкой, под которую устанавливается «запал» — инициатор реакции из термитной смеси, и рабочий объем печи заполняется аргоном.

Реакция восстановления возбуждается путем воспламенения термитной смеси запала искрой электрического разряда. Процесс взаимодействия компонентов шихты завершается за 10—20 с от начала реакции. Расплавленные продукты реакции по мере развития процесса опускаются в нижнюю часть печи, расслаиваясь по плотности. Уран, как более тяжелая фаза, первым достигает днища печи и, прожигая бумажную прокладку, устремляется непрерыв-

ным потоком в центральный канал изложницы и через литники в ее приемные полости.

Геометрические размеры и объемы печи и разливочной системы рассчитаны таким образом, что после перетечки всего восстановленного урана в полости изложницы в системе устанавливается гидравлическое равновесие. В состоянии равновесия гидростатическое давление металла заполненной изложницы уравновешивает напор расплава в печи и центральной трубе изложницы. При этом граница раздела фаз устанавливается ниже днища печи, что гарантирует полное разделение металла и шлака. Через определенное время, необходимое для кристаллизации металла в литниковой системе, расплавленный фтористый кальций сливается из печи через боковой канал — лоток, расположенный на нижнем уровне реакционной шахты.

Металлический уран кристаллизуется и охлаждается в изложнице, после чего слитки извлекаются и поступают на дальнейшую переработку. Таким способом получается первичный металлический уран, который в рабочей практике носит название черновой металл. Это название обусловлено тем, что восстановительная плавка не обеспечивает глубокой очистки урана от побочных неметаллических продуктов. Черновые слитки имеют повышенное общее и локальное загрязнение фтористым и металлическим кальцием, оксидами, нитридами и карбидами урана и растворенным в металле водородом. По содержанию металлических примесей: железу, кремнию, никелю, алюминию и другим сопутствующим элементам, черновой уран, как правило, превосходит требования ядерной чистоты.

Для очистки от неметаллических примесей уран рафинируют посредством переплавки в графитовых тиглях индукционных, вакуумных печей. В качестве рабочих агрегатов использовались стандартные индукционные вакуумные печи, разработанные металлургической промышленностью для плавки черных и цветных металлов. Это были корпусные качающиеся печи с разливкой расплавленного металла в изложницы через край тигля путем опрокидывания корпуса. При своей мощности и габаритах индукторов они вмещали до 50 кг урана. Способ разливки расплава не гарантировал от загрязнения металла шлаком и получения качественных отливок. В целом данная техноло-

гия не гарантировала высокой степени рафинирования качества литья и выхода готовых изделий после обработки литых заготовок.

Поэтому уже в первые годы на заводе были развернуты работы по поиску новых принципов рафинирования и литья урана. Совместно с научными работниками головного технологического института, который сегодня носит название Государственный научный центр России ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара. Под руководством этого института технологи и конструкторы завода разработали и внедрили принципиально новую технологию плавки урана и современное оборудование для ее осуществления.

Рафинировочная печь представляет вакуумный агрегат, в герметичном корпусе которого расположен плавильный узел и разливочное устройство. Плавильный узел выполнен в виде цилиндрического вертикального индуктора с установленным внутри него графитовым тиглем, имеющим сливное устройство по центру днища. Под днищем тигля расположена изложница, имеющая от четырех до шести вертикальных каналов для формирования слитков диаметром 100—200 мм и высотой до 1 м. Между тиглем и изложницей установлена разливочная система в форме чаши, в днище которой над каждым каналом изложницы выполнены литниковые отверстия. Загрузка печи достигает 2—2,5 т.

Черновой уран загружается в тигель совместно с металлическими оборотными материалами и легирующими добавками, плавится и перегревается над точкой плавления по заданному режиму. Рафинирование расплава в тигле осуществляется путем регламентированной выдержки под вакуумом. При этом водород и остатки металлического кальция возгоняются, а нелетучие примеси всплывают на поверхность и концентрируются в верхней зоне, образуя шлаковую фазу.

По окончании рафинирования металл сливается через донное отверстие в чашу и, проходя систему литников, заполняет каналы изложницы. Шлак, как более легкая, тугоплавкая и вязкая масса, задерживается в тигле и на днище разливочной чаши. Слитки после кристаллизации и охлаждения выгружаются и поступают на стадию изготовления тепловыделяющих элементов.

Тепловыделяющие элементы ядерных реак-

торов, которые сокращенно называют твэлами, представляют принципиально простые конструкции. Они имеют рабочую часть — активный сердечник и герметичную защитную оболочку. Как генераторы тепла твэлы работают только под воздействием определенного потока нейтронов, который создается в активной зоне ядерного реактора. При физическом взаимодействии с нейтронами атомные ядра урана-235 делятся на две неравные половины с образованием «осколочных» радиоактивных элементов, высвобождением новых нейтронов и выделением тепловой энергии, это тепло и представляет главную практическую цель процесса. Процесс деления урана обычно называют выгоранием, хотя по своей природе он не имеет ничего общего с привычным нам горением органического топлива. Генерируясь по всему объему рабочего сердечника, энергия разогревает твэл и создает тепловой поток через оболочку к теплоносителю.

Тепло, аккумулированное водой в активной зоне реактора, используется для испарения другого водяного потока в теплообменных аппаратах, а пар поступает в турбины электрогенераторов или в системы отопления.

Важнейшей характеристикой твэлов на основе уранового топлива является их рабочая стабильность в активной зоне реакторов для обеспечения надежности и эффективности работы.

Ядерное топливо по своей теплотворной способности значительно превосходит привычные всем органические источники тепла. Так, 1 г урана-235 при ядерном делении генерирует столько же тепла, сколько 2 т сгорающей нефти. Следовательно, равная массовая единица урана превышает по эффективности нефть в 2 млн. раз. Поэтому урановый тепловыделяющий элемент, содержащий всего несколько десятков грамм рабочего вещества, автономно действует в активной зоне реактора в течение нескольких месяцев.

На протяжении всего рабочего периода внутри твэла выдерживается высокая температура, а с внешней стороны он подвергается высокому давлению, химическому и динамическому воздействию перегретой воды. По мере выгорания урана под оболочкой твэла накапливаются осколки деления с высокой радиационной активностью. Поэтому каждый из десятков и сотен тысяч твэлов, одновременно рабо-

тающих в реакторе, должен до конца сохранить не только целостность, но и полную герметичность защитной оболочки. В противном случае, даже при образовании мельчайшей неплотности, размером с игольный след, радиоактивные газы и растворимые «осколки» будут загрязнять поток нагреваемой воды. При этом сначала возникает радиация в контурах циркуляции воды, затем в рабочих помещениях, а через короткое время и за пределами промышленной зоны.

Поэтому все виды твэльной продукции должны обладать абсолютной надежностью и этим гарантировать полную безопасность ядерных реакторов электростанций и городов.

Под таким девизом, а точнее под постоянным жестким прессом ответственности, создавалась, развивалась и совершенствовалась промышленная технология ядерного топливного цикла.

Характерно, что наш завод вступил в действие почти с зарождения ядерной энергетики, в условиях полного отсутствия опыта и знаний. Ведь первая техническая книга по химии урана зарубежных авторов была издана в нашей стране только в 1954 г. А литература по металлургии, обработке реакторных материалов и твэлам начала появляться только в 60-е годы, через 10—15 лет от начала практической деятельности нашего завода.

В конце 60-х годов центральные газеты опубликовали сообщение о вводе в действие мощной атомной электростанции. Ее называли Сибирской и Троицкой, но ничего не говорили о типе реакторов и географическом расположении. Для широкого круга читателей эта информация была абсолютно непонятной. Но фактически станция была, работала и развивалась, а наш завод имел к ней непосредственное и довольно сложное отношение.

Ядерная промышленность зарождалась как оборонная отрасль, и первые ядерные реакторы имели единственное назначение, которое заключалось в получении изотопов для военной техники. При этом тепловая энергия, генерируемая работающим реактором, уходила с охлаждающей водой в реки или озера. Каждый реактор того времени развивал тепловую мощность до 3 млн. кВт. Чтобы получить эквивалентное тепло, на угольной котельной или на ТЭЦ требуется сжигать ежедневно 10—15 тыс. т каменного угля.

Эта особенность заставила ученых и конструкторов ядерных реакторов обратить пристальное внимание на проблему утилизации тепла. Такая важная и сложная задача нашла принципиальное решение в относительно короткие сроки. Уже в конце 50-х годов появился первый мощный промышленный реактор с энергетическими контурами, в которых энергия ядерных реакций использовалась для получения горячей воды, пара и электричества. С этого момента все новые реакторы строились в варианте тепловых и электрических станций.

За первую половину 60-х годов на сибирских комбинатах ядерной промышленности было построено шесть таких реакторов, что составляло большую половину суммарной мощности этой техники. Именно эти шесть реакторов, рассредоточенные в нескольких географических точках Сибирского региона, получили собирательное название Сибирской атомной электростанции, о которой скромно сообщили газеты без указания ее принадлежности. Этот мало известный, а теперь почти забытый эпизод, явился важнейшим этапом в развитии отечественной ядерной энергетики. Он оказал прямое, решающее влияние на нашу деятельность, поскольку со временем завод стал главным поставщиком топлива на эти станции.

С переводом реакторов в энергетический режим возникла серия сложнейших научно-технических проблем. Работа в энергетическом режиме требовала резкого повышения нагрузок на тепловыделяющие элементы. Возрастали удельные мощности ядерных процессов и в 2 раза повышалась рабочая температура воды. В таких условиях за считанные часы в защитной оболочке твэлов возникали каверны, урановые стержни трескались, разваливались на обломки и плавилась. Ситуация становилась не просто аварийной, а чрезвычайно опасной.

Разрушение только одного твэла из сотни тысяч, загруженных в реактор, приводило к аварийной остановке аппарата. Радиоактивные обломки приходилось почти вручную извлекать из активной зоны, а нередко и сверлить кладку реактора специальными буровыми устройствами. В таких ситуациях радиационная обстановка становилась крайне опасной для человека и работа по ликвидации аварий наносила непоправимый ущерб здоровью людей.

Таким образом, без кардинального решения топливной проблемы, ядерная энергетика упиралась в тупик. На решении этой сложной задачи были сосредоточены усилия многих научных организаций отрасли и потенциал промышленных предприятий. В напряженном темпе проводились исследования, технологические разработки, испытания новых материалов и конструкций твэлов, совершенствовались промышленное оборудование и приборы контроля.

В короткие сроки была достигнута относительно устойчивая работа первого энергетического реактора и доказана целесообразность строительства и ввода новых мощностей. Однако это достижение было лишь началом многолетней работы по созданию надежной энергетической техники на ядерном топливе.

Высокая или, как принято, ядерная чистота урана является важнейшим фактором работоспособности твэлов в ядерном реакторе. Примеси посторонних элементов, поглощая нейтроны, снижают эффективность основных ядерно-физических реакций. Кроме того, многие элементы, образующие с ураном химические и интерметаллические соединения или твердые растворы, радикально влияют на его свойства. Они изменяют в широком диапазоне механическую прочность, пластичность и структурное состояние основного металла. В прямой зависимости от содержания примесей и способов обработки находятся многие характеристики твэлов, определяющие их работу в условиях активной зоны ядерного реактора. Поэтому в ядерной технике используют не химически чистый уран, а его сплавы, легированные нужными элементами и подвергнутые определенной обработке.

Главными легирующими компонентами урана, используемого в качестве твэльного топлива, стали железо и кремний. К второстепенным можно отнести никель, алюминий, углерод. Варьируя этим составом в диапазоне сотых и тысячных долей процента и создавая оптимальные условия обработки, можно придавать урану нужные физико-механические характеристики. К ним прежде всего относятся прочность, термическая и радиационная стойкость, геометрическая стабильность и целый ряд других характеристик, обеспечивающих надежную, долговременную работу тепловыделяющих элементов. Наряду с положитель-

ным влиянием, практически все легирующие элементы способны оказывать отрицательный эффект. Образую с ураном интерметаллические соединения, они вызывают охрупчивание и склонность металла к растрескиванию под воздействием внутренних напряжений. При этом порог хрупкого разрушения непосредственно граничит с зоной оптимального состава. Поэтому даже незначительные отклонения в составе примесей могут стать причиной хрупкого разрушения твэлов в процессе их работы.

Технология производства твэлов прошла длительный и сложный путь развития от обточки литых стержней в первые годы до комплексной термомеханической обработки урана, включающей горячую прокатку, закалку и вакуумный отжиг. В число операций обработки урановых изделий вошли также электрохимическая и гальваническая обработка при подготовке к герметизации. Герметизация твэлов относится также к числу наиболее ответственных стадий технологии, поскольку стойкость оболочки и ее герметичность являются определяющими факторами.

Многие годы проблема находилась в состоянии подвижного равновесия на грани возможного. Заводы-изготовители совершенствовали твэлы и создавали условия для стабильной работы реакторов. В свою очередь, реакторщики, достигнув стабильности активной зоны, повышали удельные нагрузки на топливо до предельных значений. Накатывалась новая волна проблем по стойкости твэлов, а по мере их разрешения история повторялась. Так, в последовательной цепи достижений, неудач, конфликтов и творческих решений шло параллельное развитие реакторной техники и твэльной технологии.

В результате такой сложной, тяжелой и кропотливой работы был решен комплекс государственных, отраслевых и заводских задач.

Прежде всего, реакторы достигли высокой производительности, что отвечало оборонным потребностям на длительный период. Шестой реактор Сибирской атомной электростанции, пущенный в 1965 г., стал последним в серии данной техники. Высвободив таким образом огромные ресурсы в сфере строительства и машиностроения, ядерная промышленность смогла вступить в стадию развития новых, более совершенных и экономичных энергетических установок. Одним из основных типов та-

кой техники стал реактор ВВЭР-1000, история развития которого тесно связана с деятельностью нашего завода.

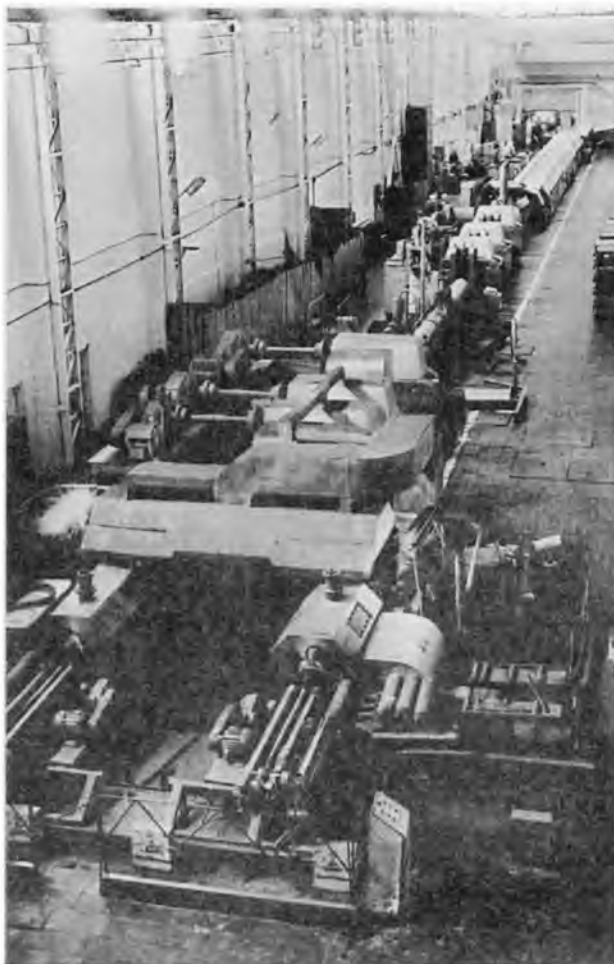
Во-вторых, реакторы Сибирской АЭС десятки лет обеспечивали теплом и электричеством крупные многотысячные города: Северск, Железногорск, Томск и Красноярск. Они добросовестно отдавали людям долги за затраты, вложенные в военную технику. Три из шести реакторов действуют и сейчас, как мощные генераторы тепла для бытовых и промышленных целей. На их работу не влияют забастовки шахтеров и баснословные железнодорожные тарифы.

Однако самым существенным и ценным достижением этого периода следует считать научные и технические достижения ядерного топливного цикла. В практических условиях и массовом масштабе проверены и оценены многие теоретические гипотезы и прикладные задачи. По существу были созданы новые разделы науки: реакторное материаловедение и теплотехника источников ядерной энергии, как основа для разработки новых активных зон, оригинальных технологий и оборудования.

Одним из главных принципов стало не просто высокое качество твэлов, а строгая, высокая однородность и гарантированная повторяемость свойств и характеристик каждого изделия при их массовом производстве.

На такой основе с учетом общих успехов науки и техники развивалось и совершенствовалось основное производство нашего завода. Его развитие достигнуто общими усилиями ученых, конструкторов, создателей новой техники, линейного персонала инженеров и производственных рабочих. Многие проблемы решались с привлечением отраслевой и внешней науки, конструкторских бюро и заводов. Но самые ответственные и сложные задачи по освоению новой техники в действующем производстве ложились на плечи, руки и головы заводских работников.

Результатом многолетней работы ученых, технологов, конструкторов стало создание современного высокотехнологичного и автоматизированного производства твэлов. В его состав входит непрерывный прокатный стан, обеспечивающий точную горячую прокатку полосы круглого сечения из крупных слитков рафинированного металла, закалку и разделку полосы на заготовки. Стан оснащен системами автоматического управления, которые обеспечивают



Автоматическая линия непрерывной прокатки и термической обработки металлического урана

индивидуальный режим обработки каждого слитка для достижения не только требуемых размеров проката, но и заданных механических свойств и структурных характеристик.

Практически все стадии последующей обработки до состояния готового твэла осуществляются в поточном автоматическом цикле. При этом каждая операция оснащена контрольной аппаратурой, действующей в общем ритме производственного процесса. Такая система контроля обеспечивает высокую производительность, стабильность и повторяемость качественных характеристик каждого изделия.

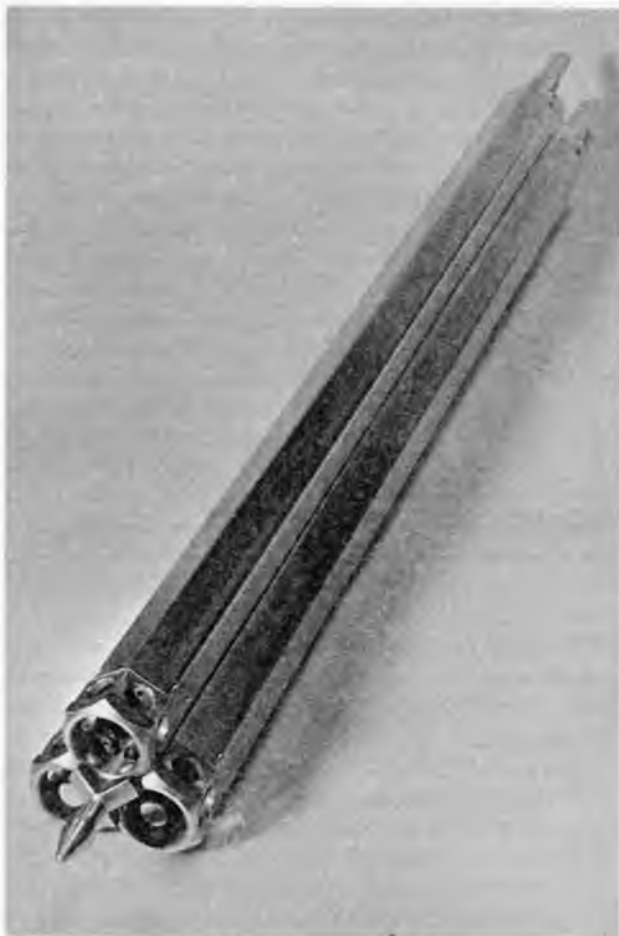
Комплекс работ по совершенствованию технологии обработки урана и созданию автоматизированного производства, обеспечившего полную эксплуатационную надежность тепло-

выделяющих элементов, был удостоен Государственной премии нашей страны в 1979 г.

Параллельно со старейшим подразделением на Новосибирском заводе действует еще два крупных производителя тепловыделяющих элементов.

В 1962 г., через десяток лет от пуска завода, был основан цех по производству твэлов и тепловыделяющих сборок для исследовательских ядерных реакторов. Иногда исследовательский реактор воспринимают как опытный образец будущего промышленного агрегата, но такое понятие ошибочно. Фактически это устройство, в котором создаются определенные радиационные и теплогидравлические условия, необходимые для проведения исследований по ядерной физике и сопряженными с ней областями науки. Как правило, их владельцами являются крупные государственные научные центры. В зависимости от назначения исследовательские реакторы имеют свои рабочие характеристики и используют нужные для них конструкции тепловыделяющих элементов. Поэтому существует широкое разнообразие реакторов и соответствующих им разновидностей топлива. Почти каждый такой потребитель имеет свои цели и заказывает топливо по собственным требованиям. Поэтому топливное производство функционирует как многономенклатурное, но мелкосерийное.

В качестве сырья этот цех использует другие, более концентрированные по делящемуся изотопу разновидности ядерного топлива. Поэтому его технология и аппаратное оформление имеют свои специфические особенности. Но принципиальные подходы к решению многих организационных и технических вопросов он унаследовал от своего предшественника. И главным в этом наследии стало отношение к качеству продукции, к ее техническим возможностям и надежности в работе. Такому принципу в немалой степени способствовали люди, пришедшие на новое производство с действующего. В период организации коллектив нового цеха комплектовался из выходцев уранового производства. Технический прогресс, вызывая рост производительности труда, неизменно приводил к высвобождению людей, которые находили себе не менее важную и интересную работу в новых подразделениях завода. К этому времени они обладали серьезным производственным опытом и ценными трудовыми традициями.

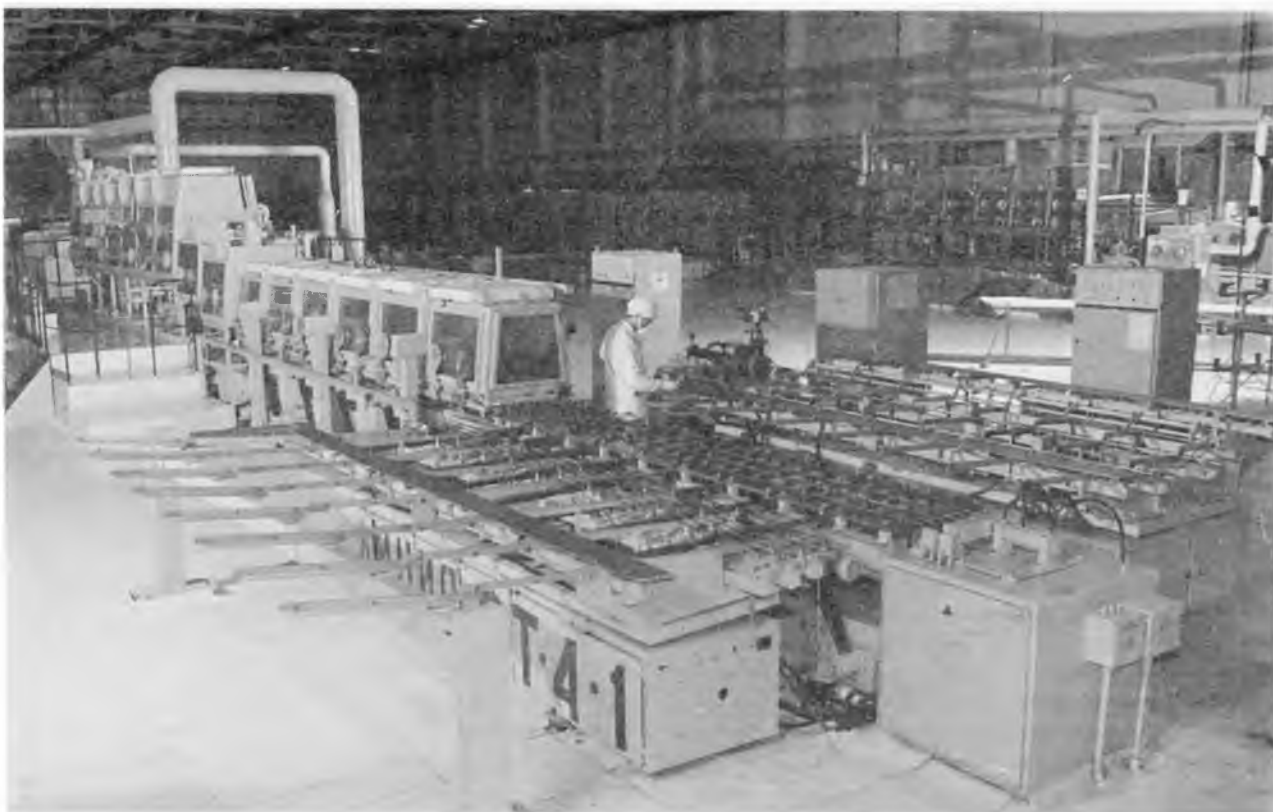


Тепловыделяющая сборка исследовательского реактора

Зрелые специалисты, буквально за считанные месяцы, освоили первичную технологию, заложенную по проекту. Но любой проект имеет слабые стороны и данный не стал исключением.

Конструкция исследовательских твэлов базировалась на использовании алюминия. В форме сплавов с ураном он входил в состав топливного сердечника, а из чистого технического алюминия выполнялись защитные оболочки и вспомогательные детали. Этот, привычный всем металл, из которого делают многое — от простой ложки до самолета, не сразу вписался в новые условия. При работе в активной зоне твэлы распухали, а их защитные оболочки прогорали и размывались водой.

Неожиданную проблему приходилось ре-



Автоматическая линия снаряжения топливом твэлов для энергетических реакторов

шать непосредственно в действующем производстве. В короткие сроки были разработаны и внедрены стойкие алюминиевые сплавы, реализованы условия глубокой дегазации металлических изделий и способы их защиты от вредного воздействия внешней среды. Заданный уровень качества готовой продукции был обеспечен. Но этот тяжелый этап был только началом длинного творческого пути коллектива нового производства.

Одним из ключевых событий в его развитии стала разработка и внедрение в практику промышленного производства новой разновидности ядерного топлива, получившего название металлокерамики. Композиционные материалы в виде спрессованной и спеченной смеси алюминия и оксидов урана сочетают многие полезные свойства двух весьма разнородных материалов. Они обладают высокой пластичностью и теплопроводностью, как металлы, а керамическая составляющая придает топливу термическую, радиационную стойкость и

обеспечивает максимальные концентрации рабочего вещества.

На основе металлокерамики было разработано новое поколение твэлов в виде тонкостенных трехслойных труб с высоким содержанием топлива и развитой поверхностью охлаждения. Пластичность материалов позволяла получать трубы различных размеров и разнообразных форм: круглые, квадратные и шестигранные, с гладкой или оребренной поверхностью. При сохранении габаритных размеров тепловыделяющих сборок в них размещалось вместо трех-четырех до десяти рабочих твэлов, коаксиально входящих друг в друга. Новые конструкции сборок открывали реальные пути для повышения мощности исследовательских реакторов при незначительных капитальных затратах и в короткие сроки получили широкое признание у потребителей. На их основе было реконструировано большинство реакторов в нашей стране. Они приобрели известность за рубежом как радикальное средство

расширения экспериментальных возможностей ядерной техники практически без дополнительных затрат на топливо. Разработка новых топливных композиций и твэлов вошла, как составная часть оригинального технического решения ядерной техники, удостоенного Государственной премии в 1982 г.

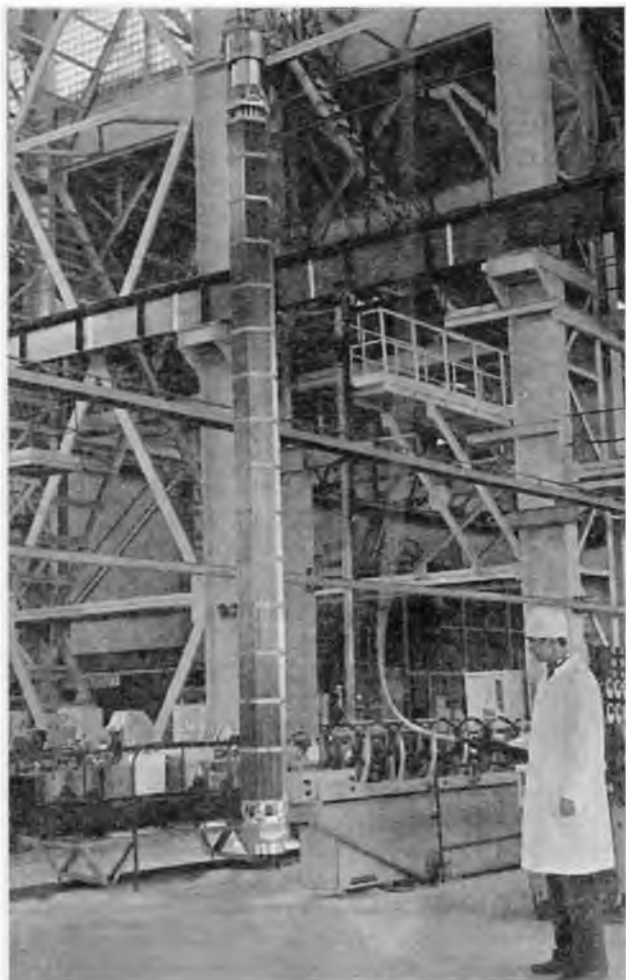
В периоды депрессии ядерной промышленности от Чернобыльских событий и последующего экономического кризиса многие исследовательские ядерные центры свернули научную деятельность, что привело к падению спроса на топливо. Возникли серьезные экономические трудности, но и в этих тяжелых условиях коллектив сумел избежать технического застоя. Умело используя свой богатый опыт и потенциал, он расширяет номенклатуру ядерных топливных материалов и предлагает на рынке не только твэлы, но и металлический уран, различные сплавы и химические продукты с уникальными свойствами. Постепенно, осторожно, но настойчиво и прочно эта продукция внедряется на международных рынках Европы и Америки.

Начинается постепенное восстановление прежней, временно утраченной сферы сбыта продукции в самой России, а также в странах СНГ, восточной Европы и Азии. Но теперь этот рынок уже не устраивают прежние свойства наших, когда-то прогрессивных, твэлов. Поэтому завод совершенствует и обновляет свою продукцию, приводя ее в соответствие с последними международными требованиями и достижениями.

Вторым дочерним подразделением традиционного твэльного производства можно с полным основанием считать промышленный комплекс по выпуску твэлов и кассет для энергетических реакторов ВВЭР-1000.

Его строительство было начато в середине 70-х годов, а через 5—6 лет было закончено практическое освоение первой очереди.

Данный цех проектировался как крупнейшая топливная база ядерной энергетики, мощность которой к концу текущего столетия планировалось поднять до 120 млн. кВт. Эта цифра близка к современному масштабу ядерной энергетики Соединенных Штатов Америки или суммарной мощности стран западной Европы. По известным причинам, после трагических событий 1986 г. в Чернобыле, промышленное развитие нашей отрасли резко затор-



Топливная кассета активной зоны энергетического реактора ВВЭР-1000

мозилось, и к настоящему времени реализована всего лишь пятая часть былой перспективы.

В основу производственного процесса закладывались самые свежие и смелые решения ученых, конструкторов и непосредственных исполнителей будущей технологии. Этот процесс требовал колоссальных творческих усилий, поскольку технология и техника к началу строительства были пригодны лишь для критического анализа, но не для промышленного применения. Именно такой анализ, длившийся несколько лет, обеспечил нужный технический уровень нового производства. В нем деятельно участвовали ведущие специалисты отраслевых и привлеченных институтов, конструкторских бюро и заводов, а объединяющую и координирующую роль выполнял наш коллектив.

Замыкающими звеньями этой сложной творческой системы были опытно-промышленный цех № 4 и несколько экспериментальных участков. Сюда поступали все образцы новой техники, материалов, комплектующих изделий и прототипы будущей технологии, опытные работы проводились с максимальным приближением к реальным условиям производства на подлинных материалах и изделиях. Каждый технологический прием, материал, узел будущей машины, прибора или сложный агрегат подвергались всесторонней комплексной проверке. Так последовательно формировалась технология и создавалась промышленная техника для ее реализации.

В результате задолго до окончания строительства главных производственных корпусов в опытном цехе родилась первая поточная автоматическая линия снаряжения и герметизации твэлов. По ее принципиальному образцу проектировались и строились модели, которые работают по настоящее время.

На опытных участках снаряжались первые промышленные партии твэлов, собирались кассеты и комплектовались полномасштабные активные зоны для реакторов. После сложных, многостадийных процедур механических, тепловых, гидравлических и ядерно-физических испытаний был достигнут главный итог сложной многолетней работы. Наша продукция получила полное право на промышленное использование. А в 1982 г. строители и монтажники завершили и передали технологам завода новый цех. Благодаря полноте и четкости всех стадий предварительной подготовки, новое производство никогда не знало пусковой лихорадки, штурмовщины, технической авантюры и многих других пороков.

Уже первые активные зоны нашего производства, загруженные в головной реактор ВВЭР-1000 на Нововоронежской станции в 1981 г., а на Южно-Украинской в 1982 г., доказали полное соответствие продукции действующим нормам и требованиям.

В те годы четко работала строительная индустрия и машиностроение ядерной промышленности. Единовременно строилось и оснащалось всеми видами техники больше 20-ти энергетических блоков и ежегодно вступало в строй по несколько реакторов ВВЭР-1000 в России и на Украине. Так, в 1984 г. было пущено два, а в течение трех последующих лет

вступало в строй по три блока и к концу 1987 г. действовало 13 энергетических реакторов данного типа. Но вскоре ядерная энергетика утратила темпы развития и за 8 следующих лет добавилось только шесть блоков, из них два в Болгарии.

Сегодня мы обеспечиваем ядерным топливом 19 реакторов, работая с огромной недогрузкой своей производственной базы. Но даже в этих условиях завод вносит весомый вклад в энергетический баланс трех стран: России, Украины и Болгарии. Суммарная теплотворная способность кассет, выпускаемых заводом в течение одного года, эквивалентна теплу от сжигания 25 млн. т нефти. Для сравнения, крупнейшее на сибирском Севере производственное объединение «Ноябрьскнефтегаз» получило на своих месторождениях в 1994 г. 22,6 млн. т нефти. За создание прогрессивной технологии, высокий уровень механизации и автоматизации комплекс работ по созданию производства энергетических твэлов и кассет был удостоен Государственной премии в 1986 г.

Кризисное состояние экономики и промышленности России и Украины не дают основания надеяться на интенсивный рост ядерной энергетики в ближайшем будущем. Тем не менее, июньский номер газеты «Атомпресса» сообщил, что в России есть два энергоблока ВВЭР-1000, которые могут быть введены в эксплуатацию в течение ближайших 2—3 лет. Это блок № 1 на Ростовской и блок № 3 на Калининской атомных станциях. Из опубликованных сведений по проблемам и перспективам ядерной энергетики Украины следует, что в ближайшие 2—3 года запланирован пуск двух аналогичных энергоблоков на Хмельницкой и Ровенской АЭС. А через 5—8 лет могут войти в строй еще три на других станциях. Но даже такая, далеко небогатая перспектива потребует огромных усилий с нашей стороны.

С зарождением рыночной экономики в нашу жизнь вошли новые формы общественных отношений, ранее известные многим из нас только теоретически. Среди них неизбежной реальностью стала конкуренция. Многие зарубежные производители устремились на внутренние и внешние российские рынки, вытесняя наши товары. Уже многие отрасли российской экономики и промышленности понесли колоссальный ущерб в производстве и сбыте своей продукции.

Конкуренция вошла и на рынок российско-го ядерного топлива. Крупнейшие фирмы Америки, Франции, Германии стремятся вытеснить Россию из стран восточной Европы, с Украины, не допустить в Азию и на Ближний Восток.

Уже сегодня можно перелистать и прочитать рекламный проспект известной американской фирмы «Вестингауз». Мировой лидер в сфере производства ядерного топлива предлагает одну из своих последних разработок — топливную сборку для реактора ВВЭР-1000. Конструкция «Вестингауза» включает самые последние разработки в своей области. Возможно, что некоторые преимущества своей продукции американцы преподносят авансом, но многие их технические достижения вполне объективны. Поэтому противостоять конкуренту могут только встречные оригинальные решения.

Зная это правило, наши конструкторы и технологи интенсивно совершенствуют отечественную продукцию, повышая ее деловые свойства, чтобы своевременно нейтрализовать конкурентов.

В свою очередь, Украина планирует организовать свой национальный ядерный топливный цикл на основе унаследованных от нашей отрасли предприятий по добыче и первичной переработке урана и циркония. Она объявила международный тендер по выбору партнера для создания полного производственного цикла к 2000 г.

Время покажет, как будут развиваться эти события. Пока ясно только одно: ядерная энергетика весьма сложная и ответственная сфера человеческой деятельности. Она не допускает ди-

летантских подходов и спринтерских приемов, отвечая на них грозными реакциями.

За прошедшую половину века ядерная промышленность и наш завод в ее составе прошли сложный, захватывающе интересный отрезок пути общественного и научно-технического развития.

Основанный первоначально как крупное предприятие оборонного промышленного комплекса, Новосибирский завод прошел несколько этапов конверсии. Первый из них относится к середине 60-х годов, когда было освоено и начало свое развитие производство твэлов для научно-исследовательских реакторов. На втором этапе, в 70-е годы, на предприятии создано мощное современное производство твэлов и кассет для энергетических водородных ядерных реакторов единичной электрической мощностью 1000 МВт. И третий этап осуществляется в настоящее время. Он проходит в условиях экономических и политических преобразований, что вызывает своеобразные организационные и технические проблемы.

Другой особенностью нового периода является практически полное обновление кадрового состава всех уровней. Уже в обновленном составе предприятие осваивает новые формы хозяйственной деятельности, борется за сохранение технической и экономической устойчивости, завоевывает достойное место на международном рынке, развивает и совершенствует производство. Несомненно, что нынешний период станет одной из важных, интересных и достойных страниц истории «Новосибирского завода химконцентратов».

Производственное объединение «Чепецкий механический завод»

Н.А. Ганза, В.П. Бенкевич, С.В. Головин, С.М. Марченко

Ордена Трудового Красного Знамени ПО «Чепецкий механический завод» создано постановлением Совета Министров СССР от 9 декабря 1946 г. на базе бывшего патронного Завода № 544 Министерства вооружения СССР.

Передача Завода № 544 на баланс Первого главного управления при СМ СССР была осуществлена приказом начальника ПГУ Б. Л. Ванникова от 19 декабря 1946 г. С этого времени началась организация и строительство крупнейшего отечественного промышленного комплекса по производству металлического урана и других стратегических материалов на территории Удмуртской Республики.

Постановлением СМ СССР от 14 марта 1947 г. проектирование будущего строительства поручается Всесоюзному государственному проектному институту Министерства цветной металлургии «Гипроредмет», а также проектно-конструкторскому бюро НИИ-9 ПГУ. Уже в июне 1947 г. этими организациями был разработан проект реконструкции Завода № 544 и строительства на его промплощадке комплекса зданий для размещения уранового производства.

Начинает формироваться крупная строительная организация, в задачу которой входило строительство новых промышленных корпусов, СУ № 904, подчиненное непосредственно Министерству внутренних дел.

После оформления Акта о передаче и приеме бывшего патронного завода, подписанного его директором П.А. Ростегаевым 31 марта 1947 г., СУ № 904 были переданы Кирпичный завод, лесозавод ОКС и цех деревообделки вместе с их личным составом.

Начальником стройуправления был назначен Ш.Л. Теплицкий, который одновременно исполнял обязанности директора строящегося предприятия.

ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПО ЧМЗ

Прежде всего для поиска и отработки новых

технологических схем и практического обучения специалистов возникла необходимость в создании мобильного подразделения по технологии очистки концентратов. Поэтому в марте 1948 г. создается опытный цех или, как его тогда называли, опытная установка.

Работы начались в одном из снаряжательных корпусов бывшего патронного Завода № 544. Одноэтажный корпус № 6, в котором предполагалось разметить опытную установку, был построен в 1943 г. и имел полезную площадь около 2000 м². В нем располагалось два отделения: химическое и металлургическое. Проблем с оборудованием химического отделения не возникало: имелись в наличии, хотя и примитивные, но вполне приемлемые к использованию химические реакторы (1–3 м³), нутч-фильтры монтежу и ручные фильтр-прессы. Сушку, прокалку и другие термические процессы вели в трубчатых печах периодического действия. Имелась даже муфельная печь ПН-15.

Сложнее было с металлургическим оборудованием, которое пришлось проектировать и изготавливать самим работникам завода.

С апреля началось комплектование нового цеха специалистами, не только имевшими уже опыт работы на Заводе № 12 в г. Электростали, но и выпускниками различных вузов. Последних по их прибытию сразу же отправляли для прохождения трехмесячной стажировки в г. Электросталь. Остальные службы завода занимались непосредственно реконструкцией и оборудованием опытного цеха.

Жесткие сроки на выпуск первой продукции, установленные ПГУ СМ СССР, диктовали коллективу завода напряженный режим работы. Проектные, конструкторские, строительные-монтажные работы велись практически круглосуточно и одновременно. Потребности производства удовлетворялись сразу же. Зачастую при необходимости разработки какого-либо оборудования первый директор завода

А. Р. Белов лично в цехе давал указание конструкторам в трехдневный срок подготовить документацию, монтажникам — в течение суток установить аппарат в помещении цеха, уже подготовленном к его размещению, ИТР — в ночь окончательного монтажа этот аппарат испытать и задействовать. Если новый аппарат или станок по своим габаритным размерам «не проходил» в двери, его пытались «внести» через окно. Если и это не удавалось, ломали стену корпуса. Утром новое оборудование уже находилось в работе, а строители в это время восстанавливали разрушенное.

Напряженная деятельность коллектива опытного цеха, научно-исследовательской лаборатории и других подразделений позволила в основном выполнить задачи, поставленные перед заводом в 1948 г.

Уже в июне был закончен монтаж оборудования в соответствии с проектом, который предусматривал суточную мощность опытной установки по выпуску готовой продукции до 10 кг. Было смонтировано оборудование для проведения процесса кристаллизации, а также сделано все необходимое для организации реакционно-восстановительных плавов.

В августе 1948 г. работники опытного цеха завершили монтаж гидрометаллургического отделения, спроектированного своими силами из расчета переработки концентратов по фосфатно-пероксидному методу.

Тщательно отработав технологический процесс, проверив установленные аппараты под нагрузкой и на практике обучив личный состав опытной установки, руководство завода приняло решение о возможности ее безаварийной эксплуатации. В начале ноября была осуществлена первая загрузка концентрата в аппаратуру и получен первый слиток чернового металла массой около 24 кг.

С первых дней своей работы коллектив опытного цеха испытывал большие трудности с поступлением качественного сырья и необходимых реагентов. Производство проектировалось на переработку уранового концентрата, поставляемого «объектом т. Каллистова» из Электростали. При работе с указанным концентратом выяснилось, что он является «низкосортным, очень неоднородным по составу и даже загрязнен посторонними предметами». Все усилия специалистов цеха по переработке некондиционного сырья по проектной техно-

логической схеме не дали сколь-нибудь приемлемых результатов. Дело в том, что указанная схема очистки концентратов с получением технической закиси-оксида урана по методу осаждения шестивалентного оксалата и получением тетрафторида по так называемому «способу профессора Тананаева» включала в себя до 10 технологических операций.

Сложность проектной технологической схемы, ее энергоемкость и насыщенность дорогостоящими реагентами определяли ее низкую эффективность для организации крупного производства. Но иной, к сожалению, в то время у нас просто не было.

В результате напряженной круглосуточной работы опытной установки к февралю 1949 г. было получено четыре партии сердечников урана с повышенным содержанием в них азота, так как все попытки удаления азотной кислоты из раствора путем добавки серной кислоты и дальнейшего упаривания положительного эффекта не дали. Перед молодым коллективом специалистов обозначалась безрадостная перспектива увязнуть в бесконечной борьбе за «дальнейшее совершенствование» известных технологий, в доведении многочисленных процессов до кондиционных требований к продукту и, скорее всего, перспектива срыва ответственных плановых заданий правительства.

Однако уже в марте 1949 г. научно-исследовательская лаборатория завода предложила новый способ переработки концентрата, который состоял всего лишь из трех основных технологических операций.

Схема очистки концентратов урана оксалатно-пероксидным способом показала ряд существенных преимуществ. Сердечники урана, полученные этим способом, отличались высоким качеством. Значительно сокращался производственный цикл. Новая технология исключала использование специального эмалированного оборудования и была более безопасна в пожарном отношении, исключала применение ряда дорогостоящих химикатов, обеспечивала экономию электроэнергии и пара, а также существенно сокращала численность обслуживающего процесс персонала.

Кроме того, предложенная технологическая схема, основанная на новых химико-технологических принципах, позволяла перерабатывать все виды уранового сырья — химические концентраты, диацетат, оборотную закись-

окись урана. Поэтому позднее ее стали называть универсальной.

За разработку универсальной технологии, позволившей в конечном итоге увеличить выпуск отечественного металлического урана в несколько десятков раз и отказаться от строительства новых предприятий этого профиля на территории СССР, многие работники завода были награждены высокими правительственными наградами, а инициаторы работы — А. Р. Белов, Н. П. Галкин, А. Ф. Петров, С. И. Зайцев, Н. А. Киселев и А. П. Курылев — удостоены Государственной премии.

Постановлением правительства СССР от 24.10.47 были установлены сроки ввода в эксплуатацию основных цехов первой очереди Завода № 544 в IV квартале 1948 г. Однако технологический прорыв, осуществленный опытным цехом завода, потребовал проектных изменений. Поэтому, по согласованию с руководством министерства, фактический ввод в эксплуатацию основных производственных корпусов был осуществлен несколько позднее.

В августе 1949 г. в промышленную эксплуатацию был сдан химический цех в составе трех отделений и цех герметизации в составе двух отделений. Осенью 1949 г. уже начали функционировать корпуса № 2,3.

Таким образом, основные цеха первой очереди завода были введены в эксплуатацию, но к началу 1950 г. общая готовность предприятия находилась лишь где-то на уровне 70%. Ряд цехов первостепенного значения, как, например, цех переработки отходов, дистилляции кальция, производства водорода, ремонтно-механический, электроремонтный, литейный и другие, были приняты в эксплуатацию только к концу первого полугодия 1950 г. Дело осложнялось еще тем, что первая очередь энергохозяйства завода, которая должна была начать функционировать в IV квартале 1949 г., задержалась с вводом в строй более чем на год.

Вторым фактором, определившим трудности основного производства в начальный период его существования, стало отсутствие однотипного сырья. Так, в течение лишь одного 1950 г. завод вынужден был четыре раза переходить с одного вида сырья на другой. Предполагалось, что с января этого года будет осуществлен полный перевод производства на выпуск продукции из диацетата. Но в марте из-за недостатка последнего пришлось пере-

страивать производство под концентрат. В сентябре вновь была предпринята попытка перехода на переработку диацетата, но к декабрю пришлось вернуться к концентратной продукции. Кроме всего прочего, при работе с диацетатом обычные меры защиты от радиоактивности оказались недостаточно эффективными, что, в свою очередь, не лучшим образом сказалось на производительности труда. И все же, несмотря на указанные (и многие другие) трудности, коллектив с выполнением производственного плана 1950 г. по основным количественным и качественным показателям справился: в октябре завод вышел на проектную мощность и выполнил годовой план по выпуску продукции досрочно.

Начиная с 1951 г. основное производство полностью перешло на диацетатное сырье.

К этому времени научно-исследовательский потенциал завода уже высоко котировался. Поэтому коллективу ЧМЗ в начале 1950 г. была поручена отработка технологий получения редких элементов из различных видов рудного сырья, потребность в которых не могли удовлетворить другие предприятия страны. Так, недостаточное развитие промышленного производства источников излучений, в частности радия, используемого наряду с другими областями в медицинской аппаратуре, обусловило необходимость получения концентрата радия на ЧМЗ в 1951 г. Эта работа, при всей своей непрофильности для «уранового предприятия», завершилась своевременно и успешно.

Одновременно с радием проводилась работа по извлечению еще более редкого радиоактивного элемента — протактиния. В этой работе участвовали практически все основные цеха завода. В результате переработки десятков тонн руды с большим трудом удалось получить несколько тонн концентрата, содержащего около 700 мг протактиния, что было признано руководством министерства большим успехом коллектива.

Основной проблемой в работах с указанными элементами была их высокая радиоактивность. Хотя технологические операции проводились с некоторыми мерами предосторожности, от излучения не могли оградить даже чугунные стены кабин, в которых получали конечный продукт. Кроме того, оборудование самих кабин было «ручным», поэтому мастерам приходилось периодически лично вскрыв-

вать кабины для снятия с нутч-фильтров высокоактивной соли.

Не меньших затрат сил, здоровья и творческой мысли потребовало и новое задание руководства министерства, полученное коллективом опытного цеха в 1953 г., — переработка гексафторида урана. В обычных условиях, под небольшим давлением, это вещество можно сохранить в твердом состоянии только в полностью герметичных прочных сосудах. Но для переработки требуется подать его в технологический процесс в газообразном виде по трубопроводам, что достаточно «неудобно» в практической работе. И все же эта сложная задача была успешно решена, а задание выполнено в установленные сроки.

В 1951 г. коллектив ЧМЗ решил еще одну не легкую задачу — были приняты в эксплуатацию основные цеха рудного хозяйства (вторая очередь). До этого времени основная продукция предприятия получалась из концентрата и диацетата урана с высоким содержанием в них последнего. Однако запасы этого сырья в стране не могли полностью удовлетворить развивающиеся потребности в делящихся материалах. Стало необходимым организовать крупномасштабное производство урановых концентратов путем переработки бедных и богатых руд. В перспективе это позволяло свести к минимуму импорт основного сырья и оптимизировать производственный цикл до приемлемого уровня экономичности. 16 сентября 1951 г. был принят в эксплуатацию цех № 2 «бис» — механического обогащения руды (начальник цеха С.И. Домнин), а 30 сентября начал работать цех № 4 «бис» по переработке руды (начальник цеха В.М. Рейфман).

В состав рудного производства с 14 августа 1952 г. вошел также цех № 3 «бис» — цех химической переработки бедной руды (начальник цеха И.П. Петров), который затем в течение года перерабатывал руду, поступающую из цеха механического обогащения в виде пульпы и кеки до получения комплексного раствора.

Рудное производство до апреля перерабатывало рудные концентраты со средним содержанием урана (3%), имея конечный продукт в виде более обогащенного концентрата, а с мая уже было приспособлено к выпуску закиси-окиси вместо концентрата. Выпуск закиси-окиси урана начался на месяц ранее установленного срока.

Кроме того, в августе 1952 г. был принят в эксплуатацию корпус № 207 с производственной линией по переработке бедных руд (содержание урана 0,2%).

В составе основного производства ЧМЗ, по состоянию на 1 августа 1953 г., функционировали следующие подразделения:

- цех № 2 — гидрометаллургический;
- цех № 3 — гидрометаллургический по переработке диацетата;
- цех № 2 «бис» — механического обогащения руды;
- цех № 3 «бис» — переработки бедной руды;
- цех № 4 — рудный;
- цех № 5 — дистилляции кальция;
- цех № 6 — специзделий;
- цех № 7 — НИЛ;
- цех № 8 — ЦЗЛ;
- цех № 9 — ОТК (цеховой персонал);
- цех № 10 — хранения спецсырья и готовой продукции.

Кроме того, в составе предприятия имелось 14 вспомогательных цехов, а также отдел рабочего снабжения, Чепецкий политехникум и медико-санитарная часть.

Одновременно с постоянным увеличением объемов выпуска продукции и совершенствованием ее качества, коллектив завода продолжал реконструкцию основных производственных корпусов.

Следующие одна за другой «реконструкции» приобретали характер непрерывных. Теперь можно лишь удивляться, как благодаря самоотверженной работе строительных подразделений завода удавалось так быстро перестраивать производство, не снижая выпуска основных видов продукции и, как правило, выполняя годовые планы досрочно. Необходимость реконструкций цехов основного производства была обусловлена прежде всего плодотворной творческой деятельностью научно-исследовательских подразделений предприятия. Новые научные идеи и технические решения определяли направления развития производственной базы. Интересы скорейшего достижения стратегического паритета в «ядерной гонке» диктовали беспрецедентные темпы этого развития.

После ввода в действие рудного производства научный коллектив завода сконцентрировал максимум усилий на освоении и усовершенствовании проектной кислотно-содовой технологической схемы, отчетливо сознавая, что на

данном этапе расходуется наибольшее количество дорогостоящих реагентов, фильтровальных тканей и электроэнергии. Существенным недостатком этой схемы была также ее многостадийность. Поэтому вскоре был сделан вывод о неперспективности проектной технологии. Поиск новых методов вскрытия рудного сырья проводился по многим направлениям, что было обусловлено самим разнообразием «богатых», «средних» и «бедных» руд. В результате многочисленных исследований была разработана и внедрена в производство новая технология, основанная на методе серноокислого выщелачивания с использованием в качестве окислителя природного пиролюзита.

Новая технологическая схема позволила не только достичь ощутимого экономического эффекта, но также улучшить состав промышленных сбросов в природные водоемы и свести к минимуму выброс вредных газов в атмосферу. В дальнейшем данная технологическая схема развивалась и совершенствовалась.

Крупным этапом в указанном развитии стал постепенный отход от химических (осадительных) методов очистки к физико-химическим (сорбции и экстракции). В этой работе активное соучастие приняли специалисты Всесоюзного научно-исследовательского института химической технологии (ВНИИХТ).

Результатом совместных усилий стало внедрение в 1956 г. сорбционного процесса для «бедных» руд (1–1,5%U), а затем и для «богатых» (до 30%U), что позволило отказаться от применения кислотно-содовой и «фосфатной» технологических схем, которые к тому времени уже устарели. Перевод рудного производства на сорбционную технологию только на «бедной» его ветви привел к ежегодной экономии 18 тыс. т соды, 7 тыс. т аммиачной воды и 53 тыс. м фильтровальных тканей.

В ходе промышленных испытаний более совершенной аппаратуры (например смесителей-отстойников) проявились в полной мере бесспорные достоинства и новой экстракционной технологии. В 1962 г. была сдана в эксплуатацию опытно-промышленная установка, размещенная в корпусе № 208 рудного цеха. На ней опробовалась технология совместной экстракционной переработки химических концентратов и сорбционных регенераторов (конечного продукта сорбционного процесса). Результаты оказались более чем успешными —

до 1964 г. опытная установка обеспечивала получение почти половины выпускаемой рудным цехом продукции.

К маю 1964 г. был построен и пущен в эксплуатацию новый корпус № 200, спроектированный специально под экстракционную технологию, для переработки не только концентратов и сорбционных регенераторов, но также и отходов химико-металлургического производства. Несколько позднее в корпусе № 200 были смонтированы и начали работать печи ВГТП для получения диоксида урана, который затем направлялся на производство тетрафторида.

Экстракционная технология значительно повысила производительность рудного комплекса, стабилизировалось качество.

Крупные технологические усовершенствования в «рудном хозяйстве» позволили высвободить необходимые производственные площади для развития химико-металлургического комплекса. Одним из значительных рубежей в этом развитии стала разработка и внедрение печей непрерывного действия для сушки и прокалики тетрафторида урана, которые дали возможность полностью исключить применение ручного труда. При этом, кроме конструкционных вопросов, специалистам завода пришлось решать проблему выбора самих материалов — металлических сплавов, способных работать в агрессивной среде при повышенных температурах.

Кардинальным изменениям были подвергнуты технология и аппаратура металлургических операций. Усилиями конструкторов, исследователей и технологов были созданы шахтные печи с производительностью, превышающей современные им зарубежные аналоги в несколько раз. Единичная выплавка металла в этих печах достигла по тем временам уникальных объемов. Кроме того, с увеличением массы получаемых слитков стабилизировался и химический состав металла.

В начале 60-х годов особую остроту для отрасли в целом и для коллектива предприятия в частности приобрели вопросы, связанные с проблемой надежности ядерных реакторов. Пожалуй, важнейшим из направлений деятельности в решении этой проблемы стало повышение качества тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), безотказная эксплуатация которых в основном определяет безаварийность в

работе не только атомных электростанций, но и технологических реакторов.

Большую роль в решении этих вопросов сыграли проводившиеся в г. Глазове с 1962 по 1965 г. три отраслевые Metallургические конференции, что было своего рода признанием высокого авторитета специалистов ЧМЗ в области научных и технологических разработок стратегического значения.

В работе конференций приняли участие ведущие ученые страны: академики А.А. Бочвар, А.П. Александров, десятки докторов и кандидатов наук. Во главе всех работ по повышению надежности твэлов стоял член-корр. АН СССР А.С. Займовский. Большое внимание этой проблеме уделил первый заместитель министра и соратник И.В. Курчатова А.И. Чурин.

В результате совместных усилий была достигнута степень безотказности твэлов, которая до сих пор является непревзойденной не только в России, но и за рубежом. Так, если до начала работ вполне приемлемым считался преждевременный выход из строя изготовленных твэлов, то после их завершения этот показатель снизился до уровня одного (!) отказа на 100 тыс. изделий.

О значимости достигнутого говорит уже то, что ведущие специалисты, обеспечившие своим трудом успех дела, были удостоены высоких правительственных наград: академик А.А. Бочвар, его сотрудники Т.Я. Сергеева и В.В. Титова за разработку и научное обоснование требований к сердечнику твэла были отмечены Ленинской премией, а работники ЧМЗ И.П. Петров, Н.Н. Коновалов, И.А. Колесников, С.Б. Аронин и другие стали лауреатами Государственной премии СССР.

К этому времени номенклатура выпускаемой заводом продукции была обширна и разнообразна, что полностью отражало значение предприятия в атомной промышленности СССР, как одного из ведущих в отрасли. Только основное производство ЧМЗ в 1968 г. выпускало:

- слитки и заготовки из металлического урана;
- слитки обедненного урана;
- тетрафторид урана;
- диоксид урана, получаемый как из руды, так и из химконцентрата;
- тепловыделяющие элементы;
- контейнеры из обедненного урана;

гидрооксид гафния.

Вся изготовленная предприятием продукция полностью соответствовала техническим условиям и не имела рекламаций от потребителей.

В 70-е годы на ЧМЗ продолжалось совершенствование технологических процессов на основе внедрения новой техники и принципов управления.

Курс на автоматизацию основного производства привел к повышению производительности труда почти на 66%. Завершилось внедрение автоматизированной системы управления технологией производства (АСУ ТП) «Металл» в корпусе № 207, освоены машины централизованного контроля «Марс» и «М-4» в корпусе № 208, переведена на централизованный контроль и управление технология производства в корпусе № 200.

В результате только по гидрометаллургическому переделу в последнее пятилетие 70-х годов выпуск продукции увеличился более чем в 2,5 раза, а дальнейшее усовершенствование технологических схем и освоение новых аффинажных операций позволили превысить выполнение требований к чистоте товарной продукции по некоторым примесям в 100 раз и более.

В это же время коллектив цеха № 6 успешно освоил выпуск изделий, исполненных из нелегированного металла (обедненного урана). Эти изделия применялись в:

гамма-терапевтических аппаратах «Рокус-М», «Агат-Р» и «Агат-С» для облучения злокачественных опухолей;

гамма-дефектоскопах «РИД» и «Магистраль», предназначенных для радиографического контроля сварных швов;

гамма-дефектоскопах «Стапель-5», «Стапель-20М», «РИД-32» и «ДВС», предназначенных для использования в судостроительной промышленности. Таким образом, еще до начала конверсии оборонных отраслей промышленности СССР ЧМЗ уже в течение более чем десяти лет выпускал продукцию широкого назначения.

До 1986 г. основное производство завода работало стабильно, уверенно наращивая объемы выпуска металлического урана, тетрафторида и закиси-оксида урана, продукции и изделий, без которых невозможно стало бы развитие и само существование отечественной ядерной энергетики, при этом неуклонно по-

вышая качество своей товарной продукции.

Совершенствовались внедренные ранее производственные процессы, аппараты и методы контроля технологических параметров.

Постоянно снижались расходы на используемые в производстве материалы на основе все более полного вовлечения в оборот отходов самого производства.

Уделялось внимание улучшению состояния промсанитарии, снижению пожаробезопасности в производственных корпусах предприятия и охране окружающей среды.

Так, в гидрометаллургическом производстве в 1983—1985 гг. была реконструирована фаза переработки отходов металлургического передела. Использование нового принципа переработки позволило исключить из технологии операцию химического растворения, что не только повысило качество сплавов, но и значительно сократило весь производственный цикл.

До 1984 г. большое место в общем объеме выпускаемой продукции занимало производство твэлов. На участке их герметизации действовала полностью автоматизированная линия ЭХН, в составе которой использовались шесть роботов-манипуляторов, связывающих воедино все технологические цепочки и транспортные средства.

Поступательное развитие широкомасштабного промышленного производства металлического урана, единственным источником получения которого стал к тому времени ЧМЗ, было прервано во второй половине 80-х годов глобальной политической реформой СССР. Сопровождающий ее общий экономический кризис, усугубившийся после чернобыльской катастрофы упадком всего ядерно-энергетического комплекса, не обошел стороной и ПО ЧМЗ. Более того, он застал основное производство объединения в разгаре собственной кардинальной реконструкции. Уже были возведены стены новых производственных корпусов. Готовился к пуску огромный по своим производственным площадям корпус № 801. Шло интенсивное строительство новой ТЭЦ-2, что позволило бы не только решить проблему энергообеспеченности производства в будущем, но и обеспечить электроэнергией почти всю северную Удмуртию. И все же... основное производство объединения в тот момент пришлось приостановить.

ПРОИЗВОДСТВО КАЛЬЦИЯ

Уже с началом опытных работ в урановом производстве ЧМЗ возникла проблема его обеспечения металлическим кальцием наиболее возможной чистоты, от которой во многом зависело качество «основной» продукции предприятия.

До 1953 г. для использования на операции металлотермического восстановления (извлечения) урана из тетрафторида на завод поступал кальций из Германии (г. Биттерфельд), а также из Электростали. Его длительная транспортировка не лучшим образом сказывалась как на ритмичности поставок, так и на качестве продукта. В процессе перевозки и хранения кальций подвергался окислению и поэтому требовал дополнительной очистки перед его использованием. С этой целью уже в проекте ЧМЗ был предусмотрен цех приготовления кальция (дистилляции), который разместился первоначально в корпусе № 25. Цех № 5 состоял из двух отделений: дистилляции металлического кальция и получения кальциевой стружки. Он начал функционировать в сентябре 1949 г. и уже в ноябре выдал первую продукцию — слиток металлического кальция массой 13 кг. Первый слиток приняли в свои руки рабочие Курочкин и Веретенников.

И все же кальций поступал на предприятие крайне нерегулярно. Так, при потребности в I квартале 1949 г. в 64 т на заводе к январю этого года было его в наличии лишь 23 т, причем из поступившего кальция непосредственно было готово к использованию в производстве лишь чуть более 70%.

Тем временем запасы импортного кальция в начале 50-х годов почти иссякли, а производственные мощности в Электростали с развитием потребностей урановой промышленности в кальции оказывались недостаточными. Возникла острая необходимость в организации крупномасштабного производства металлического кальция, способного обеспечить его на территории строящегося предприятия в г. Усть-Каменогорске. Но к 1953 г., когда стало ясно, что достигнутая ЧМЗ производительность позволяет сконцентрировать урановое производство в одном лишь г. Глазове, руководство Министерства среднего машиностроения приняло решение об организации получения металлического кальция по месту его основного по-

требления, т.е. непосредственно на ЧМЗ. Работы по проектированию и возведению производственных корпусов начались немедленно.

Уже в ноябре 1954 г. первая очередь кальциевого производства была сдана в эксплуатацию. Основная технологическая схема получения металлического кальция включала в себя следующие операции:

приготовление известкового молока и его хлорирование;

электролиз полученного хлористого кальция и его выделение в сплав с медью;

извлечение (дистилляция) металлического кальция из этого сплава;

приготовление кальциевой стружки.

Соответственно новое производство первоначально содержало:

склады извести и узел приготовления известкового молока (корпус № 405);

отделение хлорирования известкового молока с использованием хлора, выделяющегося в процессе электролиза (корпус № 403);

отделение электролиза (корпус № 401);

отделение дистилляции (корпус № 25);

отделение приготовления кальциевой стружки для восстановительных плавов (корпус № 25).

С появлением нового производства в коллективе завода родилась и новая традиция называть возникающие отныне производственные комплексы на территории родного предприятия по номерам корпусов, их «приютивших»: «четырёхсотка» (позднее — «пятисотка») — кальциевое производство; «семисотка» — циркониевое производство; «двухсотка» — урановое и т. п.

В августе 1956 г. была принята в эксплуатацию вторая очередь кальциевого производства.

С пуском новых производственных корпусов, получивших номера «пятисотых», отделение хлорирования известкового молока переместилось в корпус № 503, отделение электролиза — в корпус № 501, отделение дистилляции — в корпус № 502.

Увеличение производственных мощностей позволило расширить номенклатуру кальциевой продукции. К началу 60-х годов это производство снабжало атомную промышленность СССР металлическим кальцием в виде стружки, применявшейся в качестве восстановителя при получении урана, плутония, а также в виде проволоки, используемой для повышения качества стали путем ее раскисления. На род-

ственные предприятия отрасли поставлялись фтористый кальций для производства плавиковой кислоты, а также фторид, «участвующий» в технологии разделения изотопов.

В 1963 г. «четырёхсотка» и «пятисотка» объединились в единый цех № 5 под руководством С.И. Смирнова. Благодаря напряженной работе специалистов по уточнению режимов, детальному изучению процессов, отысканию оптимальных условий их осуществления, автоматизации и механизации производства, внедрению более современных методов контроля удалось добиться крупных успехов в решении основных задач, стоящих перед кальциевым производством. Таковыми являлись:

обеспечение безотходности технологического процесса путем наиболее полного улавливания выделяющегося при электролизе хлора и возвращения последнего на предшествующие стадии;

повышение химической чистоты выпускаемого производством кальция и разнообразие его товарных видов;

снижение себестоимости выпуска продукции кальциевого производства до минимально возможных пределов.

В результате совместных усилий коллектива цеха № 5 и всех научных, строительных и вспомогательных подразделений завода уже к концу 60-х годов ЧМЗ выпускал без преувеличения самый чистый и самый дешевый кальций в мире. Удалось значительно повысить степень улавливания хлора (более 90%), качество хлористого кальция, а также существенно стабилизировать процесс электролиза. Производство стало практически безотходным.

С началом 70-х годов к продукции кальциевого производства ЧМЗ начали проявлять интерес зарубежные потребители. В 1973 г. в цехе № 5 монтируется участок для подготовки кальция к его отправке на экспорт.

Выход продукции на внешний рынок не только повысил требования к ее качеству. Возникла необходимость разнообразить номенклатуру выпускаемых кальциевым производством ее товарных видов.

«Экспортный» участок в основном был ориентирован на получение металлического кальция в виде монолитных слитков. Это потребовало определенных изменений как в технологии процесса, так и в его аппаратном оформлении. Работы по повышению эффективности

производства приобрели значение первостепенных. Была освоена технология электролиза гранулированного хлористого кальция из медно-кальциевого сплава, механизирована трудоемкая операция дистилляции этого сплава путем гидравлической правки реторт. После замены применяемых в процессе электролиза ртутных преобразователей на кремниевые были высвобождены значительные площади для установки новых электролизеров. Кроме того, в короткие сроки был построен и введен в строй новый производственный корпус № 851.

В 1980 г. в цехе № 5 внедрена технология получения монокристаллического кальция высокой чистоты, необходимого для кальциетермического восстановления циркония. К этому времени продукция кальциевого производства ЧМЗ получила высокую оценку у зарубежных потребителей. Выполняя свои обязательства, в 1984 г. коллектив цеха № 5 начал поставки на экспорт кальциевой стружки. И все же, несмотря на то, что была достигнута беспрецедентная чистота выпускаемого продукта, его производство не отвечало требованиям современного уровня развития механизации и автоматизации технологических процессов. Поэтому совместно с Центральной научно-исследовательской лабораторией автоматики специалисты цеха начали работу по созданию поточных механизированных линий. В короткие сроки эта работа дала конкретные результаты. Так, в корпусе № 502 была пущена в эксплуатацию поточная линия обработки слитков кальция (ЛОСК), которая позволила автоматизировать и механизировать процессы развертки, пробоотбора, взвешивания и укладки слитков в транспортные контейнеры. Кроме того, в 1986 г. вступила в строй механизированная поточная линия производства экспортного кальция от стадии его изготовления до конечного затаривания и упаковки.

Продолжались работы как по совершенствованию применяемых технологий, так и по разработке новых. Последнее нашло свое явное подтверждение во второй половине 80-х годов, когда усилия специалистов кальциевого производства ЧМЗ позволили получить новые виды продукции, ранее невиданные в отечественной промышленности: двойные и тройные сплавы кальция с другими металлами (магнием, алюминием, свинцом и т. д.), пользующи-

еся устойчивым спросом как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

С 1990 г. начался выпуск порошковой проволоки, предназначенной для внепечной обработки чугунов и сталей в ковшах или установках в металлургической промышленности.

Порошковая проволока представляет собой непрерывную стальную оболочку, заполненную порошком или гранулами кальция или его сплавов с алюминием, железом или кремнием. Оболочка выполнена в виде трубок двух типоразмеров: диаметром 11 или 16 мм. Проволока длиной от 1500 до 3000 м наматывается на бухты, с которых и подается в плавильные ковши или установки с помощью трайв-аппаратов. Последние также разработаны и выпускаются на ЧМЗ.

Таким образом, в настоящее время ПО «Чепецкий механический завод» является единственным в СНГ и крупнейшим в мире промышленным комплексом, выпускающим в режиме безотходной технологии самый дешевый и чистый от примесей металлический кальций, дистиллированный и монокристаллический в виде слитков, стружки, крупки или гранул, а также: хлористый кальций в виде сухого порошка; магниевый-кальциевый и другие сплавы на основе кальция; порошковую проволоку с различными наполнителями; графитовую крошку для введения углерода в стали и чугуны.

Уникальные свойства кальция и его химическая активность позволяют считать, что возможности использования изделий на основе кальция далеко не исчерпаны. Гарантией успешной реализации новых перспектив и полного удовлетворения требований будущего потребителя является высокий научно-технический потенциал кальциевого производства ЧМЗ, подтвержденный 50-летним опытом его поступательного развития.

ПРОИЗВОДСТВО ЦИРКОНИЯ И ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ЕГО СПЛАВОВ

Основанием к созданию производства циркония на ЧМЗ послужило распоряжение Совета Министров СССР от 9 мая 1957 г., которое нашло свое конкретное развитие в приказе по Министерству среднего машиностроения от 14 мая того же года.

Приказом министра Е.П. Славского предусматривалось строительство на Заводе № 544

цеха по производству металлического циркония с вводом его в действие в конце 1957 г.

Проект нового производственного корпуса № 701 был разработан Государственным специальным проектным институтом к ноябрю 1957 г., но уже в мае начались строительные работы по его возведению. Метод строительства «с листа» применялся в то время практически повсеместно там, где требовалось в кратчайшие сроки выпустить продукцию стратегического для страны значения. Кроме того, в проекте производства циркония была заложена технология, уже применявшаяся на других предприятиях отрасли и доказавшая свою несостоятельность по ряду основных показателей качества и эффективности. Поэтому по мере ее обработки на опытной установке, которая уже начала функционировать в декабре 1957 г., и в результате появления принципиальных технологических предложений специалистов ЧМЗ изменения в проектные документы приходилось вносить по ходу строительных работ.

Проектная технологическая схема производства металлического циркония предусматривала его получение в виде порошка методом кальциетермического восстановления диоксида циркония. Эта технологическая операция была исключительно пожароопасна из-за высокой пирофорности кальциетермического порошка. Разработка новой технологической схемы для промышленного производства циркония приобрела первостепенное значение не только для специалистов ЧМЗ. К этой работе подключились научно-исследовательские центры страны и многие предприятия отрасли. Уже в 1957 г. обнадеживающих результатов удалось добиться при испытании опытных электролизеров на родственном заводе в Москве. Последнее окончательно определило выбор новой технологии. ЧМЗ взял курс на ориентацию циркониевого производства с кальциетермической схемы на технологию получения металлического циркония электролитическим методом.

В начале 1958 г. монтируется опытный лабораторный электролизер в корпусе № 6, а также образец промышленного электролизера на 10 кА в корпусе № 25.

Правильность выбранного курса в мае 1958 г. была подтверждена постановлением правительства, на основании которого первоначальный

проект «циркониевого» корпуса № 701 был принципиально изменен.

И все же, несмотря на коренные изменения в проекте, успешное проведение строительных работ и одновременный монтаж технологического оборудования позволили уже весной 1959 г. осуществить промышленный пуск циркониевого производства ЧМЗ.

Своевременный пуск в эксплуатацию химического и электролизного переделов в корпусе № 701 позволили предприятию провести организационно-технические мероприятия, направленные на выполнение приказа министра среднего машиностроения СССР от 8 февраля 1960 г. по дальнейшему развитию производства циркония и снижению его себестоимости.

Так, только внедрение и успешное освоение новой технологии гидроциклонирования и флотации, переработки катодного осадка в щелочной среде, увеличило извлечение циркония до 80% и уменьшило выход оборотных продуктов в 3,5 раза. Резко сократилось применение ручного труда.

К началу 60-х годов номенклатура изделий циркониевого производства ЧМЗ включала в себя сплавы циркония: 110 (с 1% ниобия), 125 (с 2,5% ниобия), 110Б (с 1% ниобия и бором) в виде слитков и заготовок.

Увеличение выпуска продукции потребовало, в свою очередь, развития мощностей, обеспечивающих механическую обработку изделий. Поэтому в сжатые сроки была проведена реконструкция кузнечно-прессового отделения цеха и началось строительство нового производственного корпуса № 702, который был принят в эксплуатацию в июне 1965 г. В составе отделения функционировали участки предварительной механической обработки слитков; изготовления заготовок (трубных и прутковых); химического травления, очистки заготовок и слитков; окончательной обработки заготовок;ковки с использованием молота весом падающей части 3 т.

Несмотря на успехи в развитии работ по получению пластичного циркония методом электролиза, единственным промышленным методом получения циркония реакторной чистоты в тех условиях оказался метод йодидного рафинирования.

Осуществляя этот процесс, коллектив завода добился весьма высоких качественных показателей продукции. В то время циркониевое

производство ЧМЗ выпускало самый чистый и высококачественный цирконий в мире при равной с основными зарубежными конкурентами стоимости товарной продукции.

В последующие годы оборудование и технология непрерывно совершенствовались. В частности, продолжительность самого технологического цикла была сокращена с 48 до 30 ч, а в результате внедрения новых методов регенерации йода из промывных вод удалось сократить его расход в 10 раз. На операциях подготовки циркониевого порошка и переработки оборотов сконструированы, изготовлены и внедрены в производство аппараты и приспособления, полностью исключившие ручной труд: полуавтоматическое устройство к прессу для брикетирования порошка, автомат для резки стружки, комбайн для непрерывной ее промывки, магнитной сепарации и сушки и др.

Одновременно был успешно выполнен объемный комплекс работ по организации извлечения, очистки и получения металлического гафния, концентратов его солей и оксида. В результате ряда химических операций получался продукт (фторгафнат калия) с содержанием гафния до 99% (в сумме с цирконием). При этом доизвлеченный цирконий возвращался в основной процесс. Был создан аппарат для йодидного рафинирования металлического гафния, полученного из фторидно-хлоридных растворов электрохимическим методом, разработанным также специалистами ЧМЗ.

Таким образом, циркониевое и гафниевое производство в короткие сроки было оснащено в то время современной технологией, непрерывнодействующим совершенным оборудованием, средствами контроля и автоматизации. Это обеспечило к концу 60-х годов сокращение затрат на химикаты и материалы в 3 раза и энергозатрат — в 1,5 раза, при полной механизации и частичной автоматизации производства. Кроме того, на металлургическом переделе были получены слитки новых сплавов (100, ЭЦ-1, 512, 635 и других), исследованы их состав, твердость, макро- и микроструктура, а также механические свойства, ползучесть и коррозионная стойкость.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ТРУБНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Планами экономического развития СССР

во второй половине 60-х годов предусматривалось значительное увеличение энергетических мощностей путем строительства атомных электростанций (АЭС) с кипящими уран-графитовыми канальными реакторами (РБМК). Конструкционным материалом активной зоны реактора РБМК были выбраны сплавы на основе циркония.

11 ноября 1966 г. во исполнение постановления правительства по Министерству среднего машиностроения был издан приказ о строительстве на заводе прокатно-прессового производства изделий из циркониевых сплавов с вводом в действие в 1968 г. участков для производства труб большого диаметра и их термобработки в вертикальных печах в целях отработки технологии изготовления труб диаметром 88×4 мм.

Технология и состав производства проектировались по проектному заданию, разработанному институтом Гипроцветметобработка и предусматривали строительство и монтаж отделений для изготовления: прутков малого диаметра, прутков диаметром 68—92 мм, листа и проволоки. В числе вспомогательных участков проектировались ремонтно-инструментальная мастерская, пескоструйное отделение, участки обезжиривания, травления и механической обработки гильз.

С получением рабочих чертежей в апреле 1967 г. началось строительство нового корпуса № 715 и зданий для размещения подсобных подразделений, 17 сооружений будущего «700»-го производства.

К моменту постановки задачи отечественная промышленность не имела опыта производства циркониевых труб. Однако уже с 1966 г. коллектив инженерно-технических работников ЧМЗ совместно с отраслевыми научно-исследовательскими институтами занимался разработкой технологии изготовления, методов контроля и изучением свойств твэльных и канальных труб из сплавов циркония. При этом использовались опыт и оборудование трубопрокатных предприятий, производивших трубы из черных и цветных металлов — Первоуральского новотрубного завода, Челябинского трубопрокатного и Кольчугинского завода им. Орджоникидзе.

Первые партии труб, пригодных для проведения опытных работ, были изготовлены на Кольчугинском заводе. Работы, направленные

на изыскание наилучшего варианта технологической деформационной схемы при прессовании и холодной прокатке циркониевых труб, проводились на специально для этих целей созданном опытном участке в корпусе № 702.

Параллельно с изучением свойств металла при различных способах и режимах обработки совместно с отраслевыми НИИ продолжались поиски оптимального состава сплава с удовлетворительными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

На основании полученных результатов из большого числа испытанных сплавов циркония (125, Э-125, 635, Э-635, 125М, ЦЗНО, ЭЦ-1, Э-835 и других) в августе 1968 г. были приняты: сплав 110 для оболочек твэлов и сплав 125 для канальных труб.

В конце 1969 г. и в течение 1970 г. сдавались в эксплуатацию первые производственные участки в корпусе № 715, инструментальное отделение и прокатные станы. Обучение кадров для трубного производства ЧМЗ проводилось на Первоуральском новотрубном, Кольчугинском и Челябинском трубопрокатном заводах.

С пуском оборудования в корпусе № 715 были развернуты работы по изготовлению канальных труб диаметрами 88×4, 92×22, 68×9 и 92×9 мм, а также труб для оболочек твэлов малых диаметров — 9,15×7,7 и 13,65×11,7 мм.

В 1972 г. одновременно с поставкой продукции для строящихся Нововоронежской и Белоярской атомных станций ЧМЗ отправил на экспорт опытную партию труб из сплава 110 для поставки ее в Румынию.

Событием стал для коллектива «семисотки» выход трубного производства на проектную мощность во втором квартале 1973 г. (300 т проката в год). Радовало и то, что все изготавливаемые трубы и прутки полностью соответствовали предъявляемым к ним техническим требованиям.

Начиная с 1975 г. Чепецкий механический завод приступил к исполнению ответственного заказа на поставку циркониевых труб, прутков и листа для Финской АЭС «Ловииса». В связи с этим были проведены дополнительные работы по обеспечению высокого качества выпускаемых изделий. В частности, совместными усилиями сотрудников ЦНИЛ и ИТР трубного производства была разработана и внедрена новая методика механических испытаний образцов

труб в продольном и поперечном направлениях при температуре 380 °С, а также существенно усовершенствована технология холодной прокатки и химической обработки, что позволило получать трубы более высокой точности геометрических размеров.

Кроме того, в это же время поступил заказ на производство продукции, предназначенной для новой мощной АЭС с реакторами ВВЭР-1000. Поэтому освоенная технология высокой точности оказалась более чем своевременной. К тому же она была дополнена проектированием и пуском в эксплуатацию установки по электрохимической полировке и стеклоструйной обработке внутренней поверхности труб, что, конечно, повысило их эксплуатационные качества.

В дальнейшем прокатным производством ЧМЗ решались задачи повышения производительности, увеличения эффективности использования металла и улучшения качества выпускаемой продукции. С этой целью непрерывно совершенствовались технология прессования и прокатки труб, листов, прутков и проволоки, уточнялись режимы термообработки, составы защитных покрытий, технологических смазок применительно к сплавам на основе тройной шихты.

В 1976—1980 гг. проводилась работа по программе создания испарительных и пароперегревательных каналов реакторов РБМК-1500 и РБМК-П-2400, а также были изготовлены каналы для Игналинской АЭС.

В это же время, благодаря осуществлению комплекса работ по оптимизации процессов термообработки, удалось вдвое сократить время выдержки при промежуточном отжиге труб и в 1,5 раза увеличить массу разовых загрузок шихты в печь.

Все эти мероприятия, наряду с модернизацией отжиговых печей, позволили увеличить производственные мощности в 2,2 раза.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ ДЛЯ АЭС

Важнейшим условием в реализации перспективных планов энергетического перевооружения СССР в 60-е годы стало обеспечение опережающего развития в атомной технике и технологии производства реакторных материалов.

Вопрос о выборе второго основного типа реактора (кроме ВВЭР) для оснащения намечен-

ных к строительству атомных электростанций решился в пользу уран-графитового реактора канального типа с улучшенным топливным циклом РБМК-1000.

Конструкция реактора типа РБМК в качестве основных своих элементов предусматривает наличие 1693 технологических (топливных) каналов, установленных в трубчатых трактах.

Технологический канал представляет собой трубу из сплава циркония с 2,5% ниобия, концевые части которой выполнены из нержавеющей стали. Соединение циркониевой части канала со стальными осуществляется специальными переходниками (сварка сталь-цирконий). В канале размещена кассета с двумя сборками, каждая из которых состоит из 18 твэлов и труб (ТДЭВ), где располагаются детекторы нейтронов.

Твэл — это трубка диаметром 13,5×0,9 мм из циркониевого сплава, заполненная таблетками диоксида урана.

Кроме технологических каналов, в конструкции реакторов РБМК предусмотрены каналы системы управления и защиты (СУЗ). Каналы СУЗ, изготовленные также в основном из циркониевых сплавов, обеспечивают регулирование мощности реактора и поддерживают энергетический режим при возникновении аварийной ситуации.

В 1967 г. Министерством среднего машиностроения было принято решение о строительстве на ЧМЗ цеха для изготовления переходников и приварки их к циркониевой канальной трубе, а в июне 1968 г. — цеха сборки технологических каналов с производительностью 4500 шт. в год.

Для этой цели было запроектировано строительство двух производственных корпусов (№№ 740, 715), которое завершилось их принятием в эксплуатацию к декабрю 1970 г. Цех укрупненной сборки каналов (цех № 90) создан на ЧМЗ 1 января 1971 г.

С первого же дня своего существования, несмотря на трудности пускового периода, коллектив канального производства ЧМЗ включился в активную работу, которая уже к концу 1971 г. позволила изготовить и отправить на Ленинградскую АЭС 1002 канала для I блока станции.

Совершенствуются технологии изготовления деталей и узлов, опробуется в производст-

венных условиях установка ультразвукового контроля качества.

В 1976 г. цехом была изготовлена партия испарительных каналов для Белоярской АЭС.

Особое внимание уделялось автоматизации производства. Так, с 1975 по 1980 г. только на участке изготовления деталей для переходников было пущено в эксплуатацию 16 станков с числовым программным управлением (ЧПУ), а также внедрен в производство новый автомат контроля размеров концевых деталей, разработанный и изготовленный на ЧМЗ.

В 1982 г. была освоена технология выпуска технологических каналов с циркониевыми трубами, прошедшими специальную термомеханическую обработку (ТМО-1, ТМО-2) для Игналинской АЭС.

Фактически каждая из строящихся и действующих атомных станций СССР к этому времени комплектовалась продукцией канального производства ЧМЗ, причем продукцией высшей категории качества, что было подтверждено решением Государственной аттестационной комиссии в 1985 г.

За 50 лет, минувших с момента своего рождения, ПО «Чепецкий механический завод» самоотверженным трудом коллектива рабочих и специалистов превратилось в крупнейший отечественный промышленный комплекс, выпускающий продукцию для ядерно-энергетической отрасли экономики Российской Федерации, СНГ и многих стран мира.

Продукция объединения, неизменно высокого качества, занимающая достойное место на внутреннем и внешнем рынках, пользуется устойчивым спросом и полным доверием своих потребителей.

В настоящее время ЧМЗ является крупнейшим в России производителем:

тетрафторида урана и слитков из рафинированного природного урана;

металлического кальция и сплавов на его основе;

металлического циркония и его сплавов, а также проката (труб, прутков, листов и проволоки) и изделий из них;

порошковой проволоки с различными наполнителями для черной металлургии и трайб-аппаратов для ее введения в литейный ковш; запорной арматуры из циркония для химической, пищевой и молочной промышленности; столовых приборов и бижутерии из цирко-

ния и его сплавов; графитовой крошки для металлургической промышленности.

Кроме того, объединение предлагает потребителю оборудование для агропромышленного комплекса, приборы и установки неразрушающего контроля, товары народного потребления и многое другое.

Надежным залогом дальнейшего развития ПО ЧМЗ является творческий потенциал и практический опыт его коллектива, благодаря которым стали возможны прошлые достижения.

Среди работников объединения Героями Социалистического Труда стали Ф.П. Макаров, А.В. Плотников, А.В. Чупров, звания лауреата Государственной премии были удостоены

С. Б. Аронин, В. Д. Беляев, В. М. Блохин, С.В. Головин, А.И. Грабко, И.З. Зусманович, А.Л. Ключанский, Р.Н. Касимов, И.А. Колесников, Н. Н. Коновалов, Н. Ф. Копылов, В.Ф. Кропотин, С.Ю. Кулешов, Б.А. Макаровский, А.П. Мансуров, В.Т. Можаяев, В.Н. Родионов, В. Н. Рождественский, В. С. Фомин, Ю.И. Фоминых, Н.С. Хрипунов, Ю.П. Шевнин, В.С. Юдин; премию Совета Министров получили А.С. Агафонников, В.П. Александров, Н.И. Балкичев, Э.В. Гавриленко, И.З. Зусманович, В.Л. Конюхов, Н.В. Кузьменко, А.М. Полканов, С.А. Созонов.

В 1966 г. ПО «Чепецкий механический завод» награждено орденом Трудового Красного Знамени.

Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии (НИКИМТ)

И.А. Бачелис, Б.А. Пятунин

ИСТОКИ

Бурное развитие ядерной промышленности в 50-е и последующие годы предопределило строительство в широких масштабах и нарастающими темпами многочисленных предприятий ядерного цикла — от добычи урана до производства ядерного оружия, включая и развитие ядерной энергетики. Большие объемы монтажных работ, сложность монтажа многих ядерно-технических объектов (ядерные реакторы, радиохимические заводы, заводы по разделению изотопов урана и т. п.), огромное количество на ядерных объектах сварных соединений в конструкциях из нержавеющей и специальных коррозионностойких сталей в сочетании с высокими требованиями к качеству монтажных работ вообще, и к сварным соединениям в частности предопределили создание в системе Минсредмаш прикладной технологической организации, способной выполнять комплексные разработки технологических процессов (ТП), специального оборудования и оснастки для монтажа сложных ядерных объектов.



Первый начальник Проектно-монтажного управления (Предприятие п/я 1036) В.А. Крайко

Такой организацией стало Проектно-монтажное управление (ПМУ), созданное в мае 1956 г. ПМУ было основано на базе двух подразделений Главмонтажа (технической информации и производственного инструктажа Монтажно-строительного управления № 12) и Бескудниковского механического завода № 1. Руководителем предприятия был назначен В.А. Крайко, а главным инженером — Н.Д. Анагров. ПМУ были образованы учебно-сварочный участок, возглавляемый И.Ф. Гавриным, центральная лаборатория по контролю, возглавляемая Э.А. Суворовским, и участок специальных покрытий, возглавляемый Б.И. Буссе и М.Т. Пази. В составе этих подразделений начали работать Е.Н. Скопинов, К.Б. Макутин, Ю.Ф. Юрченко, А.А. Куркумели, И.А. Бачелис, В.С. Астафьев, В.В. Рошин, В.И. Гриненко, В.С. Попенко, Е.А. Егорова, А.В. Елизаров, Ю.П. Летунов, В.Г. Шигорин и другие сотрудники. Директором завода стал И.И. Теселкин, а главным инженером — И.П. Найдич.

Подразделения ПМУ обеспечивали технологическую подготовку монтажного производства, отработку и освоение новых технологий сварки и сварочной техники, обучение и подготовку высококвалифицированных сварщиков, конструирование монтажного оборудования.

Самые ответственные работы по технологическому монтажу отдельных объектов отрасли, особенно в части внедрения аргонодуговой сварки, и работы по специальным покрытиям были возложены также на ПМУ, которое создало в своем составе несколько монтажных участков.

В 1959 г. в состав ПМУ была введена Производственная контора специального монтажа (ПКСМ). Истоки рождения этого предприятия относятся к 1948 г., когда при строительстве Комбината 817 (Челябинск-40) на площадке была создана Контора № 1 треста «Спецхиммашмонтаж» под руководством В.Ф. Гусева и

И.П. Найдича, объединившая коллектив представителей различных институтов и КБ (НИИХИММАШ, ОКБ Завода № 92 и др.) и представителей заводов-поставщиков основного технологического оборудования (Министерства машиностроения и приборостроения, Министерства оборонной промышленности, Министерства авиационной промышленности и др.), командированных на площадку для осуществления авторского надзора и шефмонтажа. Кроме авторского надзора и шефмонтажа на коллектив Конторы № 1 была возложена приемка качества монтажных работ, оформление и комплектация всей исполнительной технической документации и передача ее «Заказчику» после окончания монтажных работ. В составе этой конторы в Челябинск-40 в разное время работали: Я.М. Тупицын, П.А. Герасименко, Ф. Г. Пирогов, Л. С. Королев, Б.М. Табачник, В.В. Захаров, Ф.А. Артемьев, Ю.М. Панов, Б.А. Пятунин и др.

После окончания основных монтажных работ на Комбинате 817 в 1952 г. и начала работ на Комбинате 816 (Томск-7) трест «Спецхиммашмонтаж», учитывая положительный опыт работы Конторы № 1 на Челябинской площадке, по инициативе руководства Минсредмаш создал в Томске-7 Контору № 14 с такими же функциями, откомандировав туда часть сотрудников Конторы № 1 из Челябинска-40. Руководителем Конторы № 14 был назначен Я.М. Тупицын, а в составе конторы работали уже имевшие опыт А.И. Баклушин, В.В. Захаров, Л.С. Королев, А.А. Чичерин, Ю.Н. Тюрин, М.А. Болдырев и другие сотрудники.

Первый комплексный технологический процесс монтажа был разработан в 1952—1953 гг. для реактора И-1 на Томской площадке силами треста «Спецхиммашмонтаж» под руководством Л.Я. Лумера и при участии Л.Б. Ружилова, В.В. Захарова, А.И. Баклушина и других сотрудников, работавших на монтаже. Затем этим коллективом, реорганизованным трестом «Спецхиммашмонтаж» в СКТБ-16, были разработаны технологические процессы на монтаж: Первой в мире АЭС (г. Обнинск), первого двухцелевого реактора ЭИ-2 (г. Томск-7), Промышленного реактора ОК-120 (г. Красноярск-26), Стенда 27 ВМ (г. Обнинск) и ряда других объектов отрасли.

В 1957 г. по постановлению Правительства о реорганизации промышленности в СССР на

базе части подразделений треста «Спецхиммашмонтаж» (СКТБ-16, Контор № 15, 14, 6) в составе Главного монтажного управления была создана Производственная контора специального монтажа (ПКСМ), которая под руководством Я.М. Тупицына, Л.Я. Лумера продолжила разработку технологических процессов монтажа и специальной оснастки силами образованных технологических и конструкторских подразделений и монтаж двух исследовательских реакторов МИР в Димитровграде и ВВР в Гатчине силами своих монтажных участков. В составе ПКСМ работали К.С. Письменский, Ю.А. Карышев, А.С. Сидоренко, А.М. Воронин, И.И. Панов, А.П. Просвирин, В.И. Константинопольский и другие сотрудники.

В 1957—1960 гг. были разработаны технологические процессы монтажа двухцелевых ядерных реакторов ОК-140, ОК-204, ОК-205 для Томского комбината и ядерных реакторов ОК-135, ОК-206 для Красноярского комбината с обеспечением авторского надзора на этих площадках. В этот же период Правительством было принято решение о строительстве трех радиохимических заводов нового поколения на Челябинском, Томском и Красноярском комбинатах. Характерными особенностями этих объектов было то, что при их монтаже было необходимо сварить тысячи тонн облицовочных конструкций из тонколистовой коррозионностойкой стали, сотни тысяч сварных соединений на трубопроводах из нержавеющей стали диаметром от 10 до 600 мм, смонтировать тысячи единиц специальной сильфонной арматуры и выполнить комплекс других монтажных работ. Технологическая подготовка производства и выполнение наиболее ответственных работ по монтажу этих объектов были возложены на ПМУ и ПКСМ.

Для выполнения поставленных задач ПМУ сформировало три монтажно-сварочных подразделения. На Томской площадке руководителем был назначен Ю.Ф. Юрченко, главным инженером Е.Н. Скопинов, а в составе участка работали В.А. Володенков, Л.И. Казаков, В.И. Козлов, сварщик И.И. Федюшкин.

На Красноярской площадке начальником монтажного района был назначен Ю.Б. Пази, главным инженером — А.А. Куркумели, начальником сварочного участка — И.А. Бачелис, затем его сменил В.В. Низкий.

На Челябинской площадке участок возглавил Ю.М. Эйдис, главным инженером был сначала В.И. Гриненко, а затем В.С. Попенко, в составе участка работали В.В. Рошин, В.Ф. Косырев и другие сотрудники.

Эти три участка выполняли сборочно-сварочные работы на самых ответственных системах объектов с контролем их качества всеми известными к тому времени методами, а также силами отдельных своих подразделений делали специальные защитные покрытия (металлизация, оксидные покрытия и т.п.).

ПКСМ на этих площадках создала два технологических отдела. На Томской площадке руководителем отдела был назначен работавший главным инженером монтажной конторы «Союзпромонтаж» Н.В. Сдобнов, а затем Е.А. Логинов, а в составе отдела работали Л.Д. Луганцев, Б.Г. Рогаткин, Ю.Б. Пашинский и другие сотрудники. На Красноярской площадке руководителем отдела был назначен В.Д. Богданов, затем М.М. Гуревич, а в составе отдела работали К.А. Коблицкий, В.Ф. Стрельников, В.В.Смирнов, И.С.Коршиков, Л.Я. Шуман и др. В задачи этих отделов входила разработка проектов производства работ, рабочих чертежей трубопроводов, металлоконструкций и отдельных технологий.

На основной Бескудниковской базе, в Москве, под руководством В.А. Крайко (в 1960 г. он был назначен главным инженером Главмонтаж, а на посту начальника ПМУ его сменил И.И. Герасимов), И.И. Герасимова, Н.Д. Анагорова, И.И. Теселкина, И.П. Найдича, И.Ф. Гаврина, Л.Я. Лумера были организованы разработка и серийное изготовление специального переносного оборудования для сварки и резки нержавеющей сталей, без которых не могли быть смонтированы эти заводы. Основная номенклатура этого оборудования включала в себя:

трубосварочные автоматы для труб диаметром 8-219 мм на базе автоматов АТВ;

сварочные автоматы для вварки труб в трубные решетки;

сварочные горелки и другие устройства для аргонодуговой сварки;

труборезы и фаскорезы для механической обработки кромок;

устройства для механической вырезки отверстий в листах и трубах;

устройства для гибки труб;

центраторы для сборки трубопроводов под сварку;

другие средства технического оснащения.

Высококачественный и в установленные сроки монтаж, долговечная безаварийная работа объектов, на которых были заварены километры сварных швов, подтвердили высокую квалификацию коллектива, выполнившего эти работы.

К началу 60-х годов в ПМУ были сформированы коллективы специалистов, прошедшие практическую школу монтажа по следующим направлениям работ:

технологическое — разработка ТП, ППР, монтажных чертежей трубопроводов (КТД), металлоконструкций (КМД), смет и т.п. с обеспечением авторского надзора на монтажных площадках;

сварочное — разработка новых технологий сварки (автоматической аргонодуговой, автоматической под флюсом, ручной аргонодуговой), плазменной резки с разработкой оборудования, обучением персонала и технической помощью;

конструкторское — разработка сварочных автоматов, оборудования для механической резки и обработки, плазменной и кислородно-ацетиленовой резки, гибки и других средств малой механизации;

специальные покрытия — разработка новых составов химических защитных покрытий, методик, инструкций по их нанесению, производство этих работ и оказание технической помощи монтажным организациям;

контроль — разработка методик неразрушающего контроля (γ- и рентгенодефектоскопия, вакуумные испытания, коррозионные испытания и т.п.), производство контроля на монтаже и оказание технической помощи на площадках;

опытное производство — электромеханический завод, способный изготавливать опытные образцы и мелкосерийные партии монтажного оборудования, оснастки и приспособлений.

Проектно-монтажное управление в 1960 г. было единственным предприятием отрасли, владеющим опытом и специалистами в области сложных технологий монтажа и сварки, но при таком статусе оно не могло решить вставшие проблемы создания специального сварочного оборудования для основных производств Третьего и Четвертого управлений,

капитального ремонта и реконструкции ядерных объектов в специфических условиях крайне опасной радиационной обстановки. Для решения новых задач требовались дополнительное привлечение квалифицированных научных кадров, создание и оснащение новых подразделений, расширение и перепрофилирование опытного производства. Эти мотивы и послужили основанием для создания многопрофильного прикладного института на базе ПМУ. По инициативе руководителя Главного монтажного управления (12 ГУ) П.К. Георгиевского, его заместителя В.А. Крайко при поддержке руководителей 4 ГУ и 3 ГУ (А.Д. Зверева, В.С. Зверева) приказом Министра от 29 ноября 1960 г. был образован в составе 12 ГУ Минсредмаш Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии (НИКИМТ).

СТАНОВЛЕНИЕ

Характерной особенностью НИКИМТ было то, что это был первый хозрасчетный институт в системе Минсредмаш, т. е. все тематические разработки институт осуществлял на



Директор НИКИМТ
с 1961 г. по 1973 г.
И.И. Герасимов

основе прямых хозяйственных договоров с заказчиками. Развитие института в полной мере отслеживало развитие отрасли. Возрастающие объемы строительно-монтажных работ увеличивали численность специалистов и количество подразделений, обеспечивающих инженерно-техническую подготовку монтажного производства. Новые проблемы и задачи Министерства приводили к созданию специализированных подразделений и увеличению численности существующих.

С августа 1961 г. директором НИКИМТ был назначен Иван Иванович Герасимов — специалист с большим практическим опытом, организаторскими способностями в области монтажа. Заместителем директора по научной работе

был назначен начальник Монтажно-сварочного участка ПМУ в г. Томске Юрий Федорович Юрченко.

После ухода в 1973 г. И.И. Герасимова на должность директора был назначен Ю. Ф. Юрченко, который и проработал на этой должности до своей смерти в 1993 г., затем директором был назначен И.А. Бачелис. Первым заместителем директора с 1974 г. работает А.А. Куркумели.

В первые годы своего существования институт имел следующие основные подразделения:

Службу главного технолога, состоящую из шести отделов общей численностью около 140 человек, возглавляемую Л. Я. Лумером, а с 1974 г. — Б. А. Пятуниным;

Службу главного сварщика, состоящую из двух отделов и трех лабораторий общей численностью 200 человек, возглавляемую В.В. Гумой, а с 1975 г. — В.В. Рошиным;

три конструкторских отдела, возглавляемых А.П. Просвириным, В.И. Константинопольским, О.В. Абрамовым, из которых в 1964 г. была создана Служба главного конструктора, возглавляемая М.Е. Горовым, а с 1966 г. — В.И. Константинопольским;

Отдел спецпокрытий, состоящий из двух отделов и лабораторий общей численностью около 40 человек, возглавляемый В.Б. Тихомировым, с 1964 г. — Б.Н. Егоровым, а с 1977 г. — Е.В. Рогановым;

Отдел автоматики и промышленного телевидения, состоящий из трех лабораторий, воз-



Директор НИКИМТ
с 1973 г. по 1993 г.
Ю.Ф. Юрченко



Директор НИКИМТ
с 1993 г. И.А. Бачелис

главляемый вначале Цукерником, а с 1965 г. В. П. Ивановым;

Отдел физико-химических методов исследования и контроля, состоящий из трех лабораторий, возглавляемый Э. А. Суворовским, с 1965 г. — А. Л. Сотниченко, а с 1971 г. — Ю. В. Захаровым;

Отдел организации и экономики монтажно-производства общей численностью 15 человек, возглавляемый П. А. Дробышевым и В. А. Суриным;

Опытный завод, имеющий в своем составе механический, сборочный, инструментальный цеха, литейный и кузнечно-заготовительный участки общей численностью около 500 человек, возглавляемый вначале И. И. Теселкиным, а с 1964 г. — М. Е. Горовым и А. Д. Спиридоновым;

общетехнические и общefункциональные отделы и подразделения, возглавляемые Е. А. Логиновым, Е. А. Егоровой, С. Я. Журавским, И. М. Гольцем, В. Я. Зифертом и др. Общая численность работающих в институте в 1961 г. составила 2741 человек и достигла максимальной (4280 человек) в 1983 г.

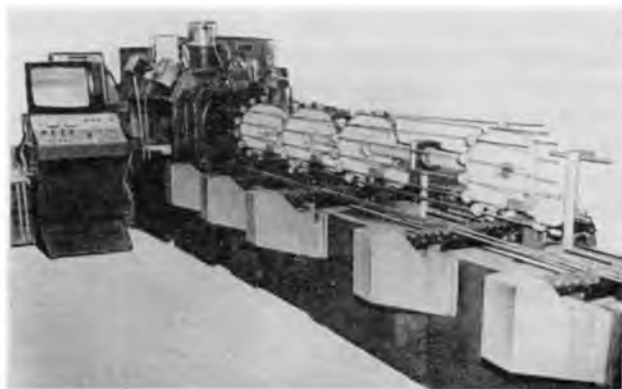
Хотя институт был создан по инициативе руководства 12 ГУ и для нужд предприятий Главного монтажного управления, он сразу был востребован для решения сложных проблем аварийно-восстановительных ремонтов и реконструкции ядерно-технических объектов отрасли, создания штатного оборудования основных производств для 3 ГУ, 4 ГУ, 16 ГУ, 1 ГУ, а в последующие годы и других ведомств — Военно-морского флота, Министерства судостроительной промышленности, Минэнерго и ряда других отраслей.

В процессе становления и развития института наибольшее развитие получили следующие направления работ:

разработка технологии монтажа, ремонта и реконструкции всех типов ядерных реакторов, термоядерных установок, ускорителей и других объектов ядерной техники, создание специального оборудования для этих работ, в том числе дистанционно управляемого;

разработка технологии и оборудования для всех видов сварки в монтажных и заводских условиях, в том числе для сварки твэлов ядерных реакторов;

разработка методик, технологий и средств неразрушающего контроля материалов, в том



Роторная установка СА-340 для автоматической электронно-лучевой сварки твэлов

числе систем механизированного (автоматизированного) контроля состояния металла компонентов ядерных установок различного назначения;

разработка систем промышленного телевидения для эксплуатационных и ремонтных целей, в том числе в условиях повышенного радиационного фона;

разработка композиций из полимерных и металлополимерных материалов для антикоррозионной, дезактивационной и тепловой защиты конструкций.

разработка методов, технологии и оборудования для электрофизической обработки материалов (лазерной, ТВЧ, СВЧ, электроконтактной, плазменной);

разработка центробежных экстракторов для радиохимических, фармацевтических и сырьевых производств;

разработка медицинской техники; проектирование и монтаж под ключ «чистых производственных помещений».

С 1982 по 1985 г. институт был единственной научной организацией Министерства, работавшей в порядке эксперимента, проводимого в оборонных отраслях, на новых условиях экономического стимулирования работ по созданию новой техники (система ФЭС), которая затем была внедрена в других научных организациях при методической помощи института.

СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ ОБЪЕКТОВ ОТРАСЛИ

Нарастающие в 60—70-х годах темпы строи-

тельства в отрасли привели к увеличению мощности существующих подразделений института и созданию новых подразделений непосредственно на крупных стройках. Если до 1966 г. институтом были созданы три периферийных отдела (Красноярск-26, Обнинск, Шевченко), то к началу 1975 г. было создано около 20 подразделений (Краснокаменск, Ангарск, Заозерный, Усть-Каменогорск, Томск, Новосибирск, Навои, Челябинск-40, Кирово-чепецк-4, Сосновый Бор, Днепродзержинск, Димитровград и другие) с общей численностью около 550 сотрудников.

Силами этих подразделений разрабатывались технологические процессы (ТП), проекты производства работ (ППР) на монтаж различного оборудования и строительных конструкций (выхлопных труб высотой до 200 м, тяжеловесных химических аппаратов, металлокаркасов зданий, шаровых резервуаров, шахтных копров, прессов, роторных экскаваторов и другого крупногабаритного и тяжеловесного оборудования), а также рабочие чертежи металлоконструкций (КМД), технологических трубопроводов (КТД), вентиляции (КВД) и другая техническая документация.

По технологическим и конструкторским разработкам были смонтированы объекты в г. Шевченко (ПГМК, ЗПД, АТЗ, СКЗ, завод пластмасс), в г. Навои (Химкомбинат, Цемязвод, фабрика Мурунтау, Сооружения 604 и 606, водоводы Хамза и т. д.), в г. Краснокаменске (ГМЗ, СКЗ и другие), в г. Красноярске (ГМЗ, хранилище ИХЗ, завод автоприцепов, Сибволокно, Сибэлектросталь), в г. Ангарске («Этилен», «Пропилен», БЦЗ, Зиминский химкомбинат) и другие объекты отрасли.

В начале 60-х годов в составе института было организовано самостоятельное подразделение, выполнявшее разработки технологий монтажа, сварки, контроля различных конструкций этих объектов, а также осуществлявшее авторский надзор и техническую помощь монтажным организациям, работавшим на этих объектах.

Учитывая, что и многочисленный коллектив периферийных подразделений не обеспечивал полного объема работ монтажных трестов, 12 ГУ было принято решение о создании в системе Главка треста Оргтехмонтаж. НИКИМТ передал основную часть периферийных подразделений тресту Оргтехмонтаж (около 450 сот-

рудников) за исключением отделов в Сосновом Бору, Красноярске и Обнинске, так как в их тематических планах был большой объем разработок по ядерным объектам, что оставалось прерогативой института.

На базе накопленного опыта технологической подготовки монтажного производства институтом были созданы подразделения, которые выполняли работы по унификации электромонтажных и механомонтажных изделий, а также по разработке инвентарных средств малой механизации труда в монтажном производстве. Институтом было разработано большое количество отраслевых стандартов, каталогов и других документов, сокращающих и упорядочивающих номенклатуру монтажных изделий, выпускаемых заводами 12ГУ. В технической прогресс монтажного производства большой вклад внесли С.С. Авербух, И.И. Панов, Л.А. Усоев, Л.И. Антонов, В.И. Терехин, В.Т. Чакров, В.Г. Веретельник, П.Г. Кривошей, Ю. П. Телешев, М. М. Гуревич, Н.П. Бабушкин, В. Ф. Стрельников, Н. В. Слобнов, П.Г. Белецкий, В.С. Сальманов, В.А. Худяков, Ю.И. Мордвинов, В.И. Коробков, В.Б. Нещерет, К.Н. Соколов и другие специалисты-технологи.

МОНТАЖ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Исторически сложившаяся специализация института — разработка комплексных технологических процессов монтажа ядерных реакторов, наличие в институте высококвалифицированных специалистов с большим практическим опытом в области монтажа, электромонтажа, сварки, контроля сварных соединений, специальных защитных покрытий и конструирования специального монтажного оборудования и оснастки позволили успешно монтировать в стране новые и более сложные ядерные установки. В 60—80-х годах были разработаны и успешно внедрены ТП на монтаж ядерных реакторов КС-150 для ЧССР, БН-350, БОР-60, ОК-190М, РБМК, «Руслан», ЛФ-2, ИВВ-7 в Ливии, АСТ-500, термоядерных установок Т-14, Т-15, завода регенерации топлива (РТ) в Челябинске и других объектов. Новизна конструктивных решений нового поколения ядерных реакторов усложнила и технологию их монтажа. Так, корпус реактора БН-350 собиранся и сваривался полностью на монтажной

площадке с обеспечением жестких допусков на геометрические размеры, жестких требований к чистоте, гарантирующих заполнение контура натрием без традиционных послемонтажных промывок водой, обеспечением с большой точностью сборки и монтажа внутрикорпусных устройств и механизмов в ограниченных объемах корпуса и обеспечением высоких требований к качеству большого объема сварных соединений корпуса и натриевых трубопроводов. Новизна монтажа реакторов ОК-190М, «Руслан», ЛФ-2 заключалась в том, что эти реакторы монтировали в существующих зданиях рядом с работающим реактором.

Следует особо отметить вклад института в создание реакторов РБМК. Принципиальные конструктивные решения реакторов РБМК потребовали исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию специальных сварочных автоматов, так как многие узлы были недоступны для ручной сварки. Для монтажа головного блока РБМК на ЛАЭС было спроектировано и изготовлено около 300 наименований специального монтажного оборудования и оснастки. Технологию и специальное оборудование (сварочные автоматы, стенды сборки, контроля и т. п.) для изготовления технологических каналов РБМК на Глазовском заводе разрабатывал и частично изготавливал также НИКИМТ.

Технологический процесс и документация на специальную оснастку, разработанные для головного блока ЛАЭС, после их внедрения были доработаны, откорректированы и переданы организациям Минэнерго для использования при монтаже Курской, Чернобыльской и Смоленской АЭС. Для монтажа этих станций были изготовлены на опытном производстве института и специальные сварочные автоматы.

На базе накопленного опыта монтажа четырех блоков ЛАЭС значительные изменения претерпел проект организации монтажных работ на Игналинской АЭС. Временные помещения для сборки и сварки основных конструкций реактора были построены одноразово для всех четырех блоков, а перемещение собранных конструкций массой до 1000 т на расстояние до 1,2 км осуществлялось на специальном шагающем транспортере ШТМ-400, разработанном Новосибирским отделением НИКИМТ. Постоянно организованный автор-

ский надзор на всех стройплощадках позволял не только оперативно решать все возникающие технологические вопросы, но и служил хорошей школой практического опыта специалистов института и надежной обратной связью в вопросах совершенствования технологий и оснастки.

В начале 60-х годов институтом была разработана технологическая и конструкторская документация на монтаж объектов (ГТ) по разделению изотопов на базе новой газоцентрифужной технологии. Начавшийся монтаж этих объектов в Свердловске, Красноярск-45 потребовал создания на этих площадках подразделений института, которые обеспечивали бы инженерную подготовку монтажных работ, совершенствование технологии и оснастки по монтажу оборудования и осуществляли бы авторский надзор.

Монтаж экспериментальных термоядерных установок связан с отработкой технологии и проведением экспериментальных работ по сборке и сварке тонкостенных вакуумных камер сложной геометрической формы.

По технологии института был успешно закончен монтаж атомной станции теплоснабжения (АСТ-500) в Нижнем Новгороде, ведутся монтажные работы на реакторе ПИК, разработан ТП монтажа реактора БН-800, а также выполнены технологические проработки по реакторам ВГ-400, РБМК-П, БН-1600, БРГ-300 и другим.

В силу давно сложившейся в Минсредмаш традиции контроля качества работ на объектах ответственных объектах независимыми организациями на институт была возложена проверка качества монтажных работ при строительстве ЛАЭС, ИАЭС и АСТ-500. Силами организованных подразделений института выполнялись не только контрольные функции, но и оформление, накопление и комплектация всей учетно-отчетной технической документации в процессе производства монтажных работ, а не перед сдачей объекта в эксплуатацию, как обычно происходит на других стройках. Такая организационная форма независимого контроля обеспечила качественный монтаж перечисленных объектов, что подтверждено успешной эксплуатацией ЛАЭС и ИАЭС.

Создателем школы технологов-монтажников являлся Л.Я. Лумер, а наибольший вклад в это направление внесли К. С. Письменский,

Л.Б. Ружилов, Е.Е. Боровков, А.М. Воронин, А.Н. Родионов, А.И. Котов, В.А. Худяков, Н.И. Веселов, О.К. Дружиловский, А.С. Ивашкин, Б.Д. Бартель, Б.Н. Железняков, Г.Б. Румянцев, Б.М. Табачник, А.С. Сидоренко, Л.И. Акулов, Е.Н. Скопинов, В.П. Хомяков, Ю.А. Карышев и другие специалисты.

В создание специального монтажного оборудования вклад внесен А.П. Просвириным, В.В. Смирновым, Ю.М. Бербасовым, М.Г. Алейником, Ю.Я. Козаковым, В.П. Козловым, А.А. Беловым, А.Г. Таксанцом, Б.В. Морозовым, И.П. Ярошуком, С.П. Евдокимовым, П.М. Шестопаловым, Л.С. Малаховым, А.Д. Ефремкиным и другими сотрудниками.

РЕМОНТ, РЕКОНСТРУКЦИЯ И ДЕМОНТАЖ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Комплексные технологии капитального ремонта, реконструкции и демонтажа ядерно-технических установок, как наиболее наукоемкие, сразу стали основным направлением работ института, достигнув к концу 60-х годов 50% общего объема работ, а с 1970 г. НИКИМТ в соответствии с постановлением Правительства и приказом Министра стал головным в стране по данному направлению работ.

Сложность и уникальность этого направления работ заключалась в том, что традиционные подходы к ремонту, освоенные в народном хозяйстве, были неприемлемы для ядерных объектов и требовали новых технологий и оборудования, учитывающих специфику объектов: радиационные загрязнения и крайне ограниченную доступность многих ремонтируемых узлов. Располагая специалистами в области монтажа, сварки, резки, контроля, различных систем дистанционного наблюдения, а также практическим опытом при монтаже, начиная с 1961 г., институт стал специализироваться в этой области.

Одной из первых и ярких работ такого направления (как в то время сказал Е.П. Славский: «Это ваша дипломная работа на звание института») была технология герметизации корпуса реактора ОК-190, имевшего течь тяжелой воды. В течение четырех месяцев по часовому графику были разработаны несколько методов восстановления герметичности, про-

ведены макетные испытания, а затем по технологии и с помощью оборудования, изготовленного на опытном заводе, этот реактор был отремонтирован. Уникальность технологии заключалась в том, что трещина в корпусе располагалась в недоступном месте, а загерметизирована она была путем дистанционной заливки конструктивного кармана в этой зоне эвтектическим сплавом Pb, Bi, Sn, разогретым до 500 °С, и с предварительным разогревом корпуса до 100 °С.

В 60–70-х годах по разработкам института с изготовлением специального оборудования и средств технического оснащения были выполнены капитальный ремонт и реконструкция всех промышленных ядерных реакторов отрасли (А, ОК-110-1, ОК-110-2, ОК-110-3, ОК-190, И-1, ЭИ-2, ОК-140, ОК-204, ОК-205, ОК-120, ОК-135, ОК-206), что в конечном итоге позволило продлить срок их безопасной эксплуатации до 40 лет.

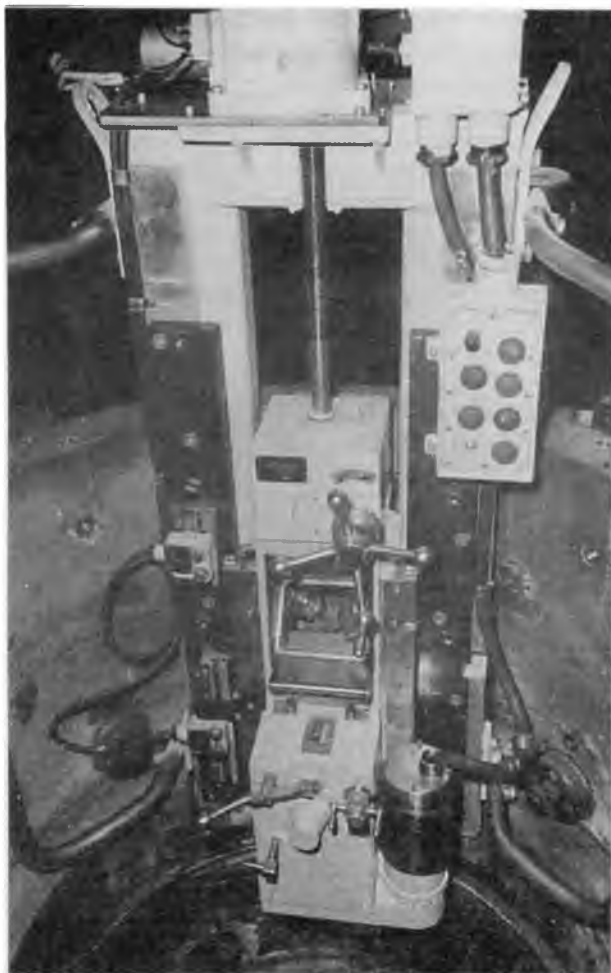
В процессе реконструкции была заменена часть узлов, причем массы демонтированного оборудования и систем достигали сотен тонн (ЭИ-2 около 500 т, ОК-204 — около 850 т). На базе этих разработок была создана система плано-предупредительных ремонтов промышленных реакторов, а затем радиохимических заводов.

В 1970 г. был демонтирован реактор ОК-190. Это была первая работа по полному демонтажу и последующему захоронению высокоактивного корпуса реактора, выполненная в стране.

Исследовательские ядерные реакторы, независимо от их ведомственной принадлежности, также прошли этапы их реконструкции вплоть до полного демонтажа. По разработкам института были реконструированы все реакторы типа ИТР (в Москве, Риге, Минске, Багдаде и в других центрах), типа ВВР в Киеве, Обнинске, Гатчине), МИР, БОР-60, СМ в НИИАР и ряд других исследовательских реакторов.

Начиная с 1963 г., для нужд ВМФ были разработаны, изготовлены и внедрены комплексы специальных режущих, сварочных и других механизмов как для аварийной, так и для штатной замены основного оборудования ядерных паропроизводительных установок для надводных и подводных кораблей различных проектов.

В 1968 г., когда встала проблема профилак-



Оборудование для ремонта корпуса ядерного реактора ВМ-А

тического ремонта корпусов ядерных реакторов ВМ-А, институт в течение одного года выполнил комплекс технологических и конструкторских работ. Изготовленный и опробованный первый комплект ремонтного оборудования в этом же году прошел опытно-промышленное внедрение на заводе «Звезда», а затем было изготовлено и передано судостроительным базам ВМФ и МСП еще семь комплектов этого оборудования. Специалисты института непосредственно участвовали в ремонтных работах на базах ВМФ.

Ремонт энергетических ядерных реакторов институт начал с разработки в 1970 г. комплексной технологии и оборудования восстановительного ремонта I блока НВАЭС с реактором ВВЭР после его аварийной остановки, вы-



Стенд на опытном производстве института для отладки и проверки ремонтного оборудования реакторов РБМК

званной падением экрана внутри корпуса реактора.

Технология восстановительного ремонта включала демонтаж всех внутрикорпусных устройств (ВКУ), включая извлечение несъемных узлов (шахта реактора, тепловой экран) с их предварительной резкой, монтаж новых ВКУ в «грязном» корпусе и ремонт главных патрубков путем их предварительной расточки, запрессовки и приварки в них гильз. В течение 6 месяцев была разработана технология, оборудование и выполнены с участием сотрудников НИКИМТ работы по демонтажу ВКУ, а затем по монтажу новой шахты и ремонту патрубков. Комплект изготовленного оборудования включал в себя механизмы для дистанционной подводной резки узлов, устройства для их извлечения и дистанционной транспортировки, станок для расточки патрубков, устройства для запрессовки гильз и сварочный автомат для их приварки. Изучение иностранной литературы показало, что эту работу институт

выполнил в 3 раза быстрее и при меньших затратах, чем США и Франция после подобных аварий на своих АЭС, в частности благодаря использованию разработанного в институте метода контактно-дуговой подводной резки, который нашел широкое применение при ремонтных и демонтажных работах в нашей стране.

Параллельно с разработкой технологии монтажа реакторов РБМК институт по заданию НИКИЭТ приступил к разработке технологий и оборудования для их ремонта. Поэтому АЭС с реакторами РБМК к началу их эксплуатации были укомплектованы технологиями и оборудованием для их ремонта. Необходимость модернизации некоторых механизмов по результатам внедрения, расширение номенклатуры ремонтируемых узлов и вставшие проблемы повышения безопасности эксплуатации, особенно после аварии на ЧАЭС, поставили задачу разработки новых технологий и ремонтного оборудования для АЭС с реакторами РБМК.

В свете решения этих проблем были разработаны:

технология и оборудование для массовой замены технологических каналов, успешно внедренные на первых двух блоках ЛАЭС;

технология и оборудование для монтажа новой системы аварийного паросброса;

оборудование для ремонта пароводяных и водяных коммуникаций.

Всего институтом было разработано около 50 наименований резательных механизмов, приблизительно 30 сварочных автоматов, 200 наименований устройств для контроля и другой ремонтной оснастки. Основную часть этого оборудования изготавливали на опытном производстве института и поставляли на все АЭС с реакторами РБМК.

Технология и оборудование для быстрых реакторов (БН-350, БОР-60, БН-600) усложнились дополнительными специфическими требованиями, связанными с возгоранием натрия при попадании воздуха в контур. Поэтому при производстве ремонтных работ оборудование должно было гарантировать непопадание воздуха в натриевый контур за счет введения шлюзовых устройств и выполнения некоторых операций при замене узлов и механизмов по автоматическому циклу «вслепую». Впервые при создании реактора БН-350 часть ремонтного оборудования была разработана универ-

сальным — для монтажа и для замены в процессе эксплуатации. Такой подход не только сократил общие затраты, но и позволил в «чистых» условиях монтажа его отладить, настроить и гарантировать дальнейшую работоспособность при ремонте в процессе эксплуатации. Когда вследствие недостатков в конструкции и качестве изготовления испарителей на реакторе БН-350 встала проблема их ремонта, институтом были не только разработаны технология и оборудование для замены всех труб фильтра на них, но на опытном производстве был изготовлен комплект труб с особым контролем качества изготовления этих изделий (около 9000 шт.).

В результате многочисленных разработок и накопленного практического опыта институтом были освоены новые технологии, к числу которых можно отнести:

дистанционную термическую резку (контактно-дуговую, плазменную);

механическую резку и обработку на больших глубинах и в крайне стесненных условиях;

разборку резьбовых соединений, включая случаи заедания резьбовых пар;

высококачественную сварку на больших глубинах и в сложных стесненных условиях.

Авторитет института в области ремонта ЯР был признан ведущими институтами и КБ отрасли, что позволило принципиально менять подходы к решению проблем технического обслуживания ремонта ядерных установок новых поколений. Начиная с конца 60-х годов установился порядок, при котором институт на основе эскизного или технического проекта Главного конструктора новой ядерной установки выполнял предварительную проработку технологии монтажа и ремонта, выдавал свои замечания и предложения, улучшающие технологичность их монтажа и ремонта. Кроме этого, в результате такой проработки, определялись номенклатура и принципиальная конструкция ремонтного оборудования, что в комплексе расширяло общее представление о новых ядерных установках, их преимуществах и недостатках и влияло на принятие решений по их дальнейшему созданию при рассмотрении на научно-технических советах различных ведомств. Такие проработки выполнялись по РБМК, АСТ-500, ВГ-400, РБМК-П, БН-800 и другим ядерным реакторам.

Наибольший вклад в разработку технологий

ремонта внесен Б. А. Пятуниным, В. В. Вайнштейном, В. В. Мелиховым, Ю. Д. Жарковским, В. А. Васильевым, И. А. Симоненко, Ю. В. Мостовым, В. Ф. Стрельниковым, В. А. Вахмистровым, В. М. Муравьевым, В. Ф. Муравьевым, а в разработку оборудования — А. Д. Спиридоновым, Л. Я. Шуманом, В. В. Смирновым, Б. Г. Рогаткиным, В. А. Волковым, Г. Г. Насибуловым, А. А. Беловым, Н. С. Слободским, И. И. Розановым, С. А. Корнышевым, В. М. Митрофановым и другими конструкторами.

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС

Чернобыльская катастрофа 1986 г. поставила перед многочисленными институтами и научными центрами страны, включая и НИКИМТ, проблему ликвидации последствий аварии, не имеющей аналогов в мире. Одной из главных задач были сооружение в 1986 г. «Укрытия» над разрушенным IV блоком и очистка близлежащих территорий, включая кровли зданий, — основные мероприятия, предотвращающие выход в окружающую среду радиоактивных продуктов деления и обеспечивающие защиту зданий и сооружений станции от проникающего излучения.

Разработка технологии и организации работ по монтажу «Укрытия» и очистке кровель была поручена руководством Минсредмаш НИКИМТ.

Этой работе были характерны следующие особенности:

- отсутствие аналогов подобных работ в мировой практике и, соответственно, опыта;
- кратчайшие сроки выполнения работ;
- отсутствие многих исходных данных для разработок.

В соответствии с проектом ВНИПИЭТ при сооружении «Укрытия» было необходимо смонтировать 7000 т строительных металлоконструкций при мощности γ -излучения в местах производства монтажных работ от десятков до сотен рентген в час, а также очистить от радиоактивных продуктов распада сотни тысяч квадратных метров кровли.

Принимая во внимание многообразие выполняемых работ, их огромные объемы, отсутствие в стране и в мире достаточного количества строительного-монтажных механизмов с дистанционным управлением, НИКИМТ

предложил следующую концепцию выполнения работ:

организация по уровням радиационных загрязнений трех зон производства монтажных работ с выполнением максимально возможных объемов сборочно-сварочных работ в зонах с наименьшей радиационной загрязненностью;

применение в зонах монтажа только мобильных кранов с самыми высокими параметрами по грузоподъемности, вылету стрел, высотам подъема (Демаг СС-4000, Либхер и т.п.);

защита операторов строительного-монтажных механизмов (крановщиков, трактористов, бульдозеристов и др.), работающих в «грязных» зонах, за счет установки на машины специальных защитных кабин с установками очистки и фильтрации воздуха;

создание разнообразных систем промышленного телевидения для наблюдения за общим производством строительного-монтажных работ и выполнением отдельных монтажных операций;

доработка и введение в конструкции «Укрытия» разнообразных устройств, обеспечивающих их дистанционный монтаж и расстроповку.

Для очистки кровель были предложены различные устройства (скрепки, грейферы, монитеры, режущие-взрыхляющие механизмы, клеящие захваты), обеспечивающие как дистанционное производство работ, так и механизацию ручного труда в зонах с падающей радиационной обстановкой.

Практически 80% разработчиков института и 90% опытного производства в 1986 г. были задействованы на различных работах, связанных с ликвидацией последствий аварии. Было разработано, изготовлено и отправлено на ЧАЭС около 50 наименований различного оборудования и средств технического оснащения работ (60 единиц защитных кабин, 3 пылеборочные машины, различные манипуляторы и другие механизмы и оснастка).

Непосредственно на площадке ЧАЭС в июле 1986 г. было создано в составе монтажного района УС-605 отделение НИКИМТ с численностью в различные периоды 1986—1988 гг. от 30 до 60 человек. Сотрудниками этого отделения в 1986—1987 гг. было разработано около 300 проектов производства работ и сотни наименований специальной монтажной оснастки. В период наиболее интенсивных работ 1986—1987 гг. на площадке отработало около 250 сотрудников



Сотрудники отделения НИКИМТ в Чернобыле в августе 1986 г. во главе с директором Ю.Ф. Юрченко (8-й слева)

института. Четыре сотрудника во главе с директором института Ю.Ф. Юрченко в 1986 г. и один сотрудник в 1987 г. были удостоены правительственных наград.

По научным, технологическим и конструкторским разработкам с применением оборудования и специальной оснастки, изготовленной опытным производством, и при непосредственном участии сотрудников института выполнены следующие основные работы при ликвидации последствий аварии:

монтаж металлоконструкций «Укрытия» над IV блоком и очистка части территории — 1986 г.;

очистка кровель и монтаж усиливающих конструкций над перекрытием III блока ЧАЭС — 1986—1987 гг.;

замена горючих кровель зданий и сооружений ЧАЭС на негорючие в части разработки новых составов и технологии их нанесения — 1987 г.;

дезактивационные работы и работы по пылеподавлению в части выбора составов и инженерного руководства отдельными работами — 1986—1988 гг.;

работы по герметизации «Укрытия» и по изучению топливосодержащих масс в составе комплексной экспедиции ИАЭ им. Курчатова — 1989—1991 гг.

Большой вклад в ликвидацию последствий аварии внесли Ю.Ф. Юрченко, А.И. Котов, П.Г. Лексин, Б.Н. Егоров, И.Я. Симановская, А.А. Куркумели, Ю.Д. Жарковский, В.В. Вайнштейн, В.Г. Веретельник, Ю.В. Мостовой, П.Г. Кривошей, А.И. Панферов, В.П. Голодченко, А.С. Иванков, Н.И. Веселов, И.М. Бугаков, А.К. Гордон, Ю.П. Телешев, В.М. Ильин, Ф.П. Грибута и многие другие.

СВАРКА

Одним из основных научно-технических направлений деятельности института является «Технология и оборудование сварочного производства».

Задачи, которые ставило перед институтом руководство Министерства, определили главные направления работ по сварке:

разработка технологий и сварочного оборудования для строительства, монтажа и ремон-

та объектов ядерной техники Минсредмаш, Минсудпром, ВМФ;

разработка технологий и специализированного оборудования для сварки при изготовлении изделий активной зоны ядерных реакторов (тепловыделяющих и поглощающих элементов, тепловыделяющих сборок, технологических каналов), исполнительных элементов систем управления, радиоизотопных капсул, а также изделий для химического машиностроения, приборостроения, медицины и других отраслей.

С 1964 г. как Головная отраслевая организация по сварке институт выполняет разработку и согласование технологических процессов сварки при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования ядерных объектов, разрабатывает нормативно-техническую документацию в форме отраслевых стандартов (ОСТ); основных положений (ОП) по сварке, правил контроля (ПК); инструкций; оказывает техническую помощь предприятиям, проводит обучение и паспортизацию сварщиков.

НИКИМТ является ведущим в стране по оборудованию и технологии для сварки трубопроводов в условиях монтажа.

Наибольшее научно-техническое развитие в отделении получили ныне широко известные, уникальные разработки по технологии и оборудованию для аргонодуговой сварки стыков соединений трубопроводов способом автоопрессовки, последовательным проплавлением, с поперечным колебанием дуги, с программированием режима; для прецизионной дуговой и электронно-лучевой сварки со стабилизацией процесса по параметрам плазменного факела; для сварки дугой, управляемой магнитным полем; специальные энергосистемы для прецизионной электронно-лучевой сварки на базе инверторного источника питания и конструктивного исполнения электронно-лучевой пушки; автоматизированные высокопроизводительные поточные, в том числе роторные, системы сборки и сварки (с вакуумной загрузкой и выгрузкой) изделий; технология и оборудование для электроконтактной резки, гибки с нагревом ТВЧ.

На основе этих разработок для обеспечения монтажного производства страны создано и организовано изготовление на опытном заводе института и на других заводах Министерства оборудования общего назначения для сварки



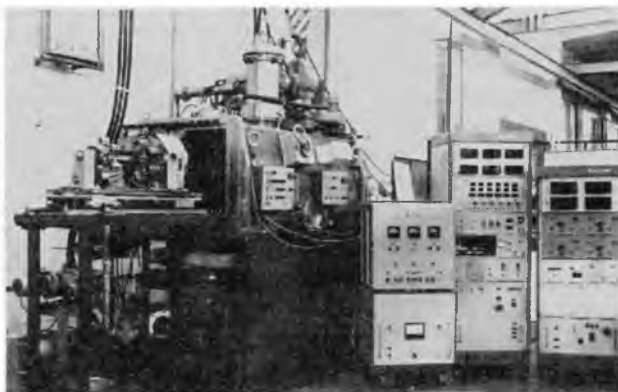
Участники технической конференции в Снецкесе осматривают экспонаты выставки (сварочный аппарат СА-118 для вварки труб в сх. «Е» реакторов РБМК)



Трубопаяльный аппарат «Минора» для сварки труб диаметром от 50 до 1200 мм

конструкций из стали и алюминия: полуавтоматы ПРМ-4, Комби-500, ППМ-200; переносные автоматы для орбитальной сварки соединений трубопроводов широкого диапазона диаметров типа КАМА, ОДА, ОСА, Минора; стационарные автоматы для сварки соединений трубопроводов в цеховых условиях типа СА-471, СА-460, СА-200, СА-290, цеховой трубопаяльный комплекс (ЦТК), установка модульного исполнения для сварки в защитных газах и под слоем флюса; универсальные источники сварочного тока (ТИР-300ДМ 1, ТИР-630); оборудование для плазменной резки металла (ОПР-6-3М, СА-401М2).

НИКИМТ — единственное предприятие в стране, выпускающее сварочные установки для газодуговой и электронно-лучевой сварки



Установка СА-451 для многопозиционной автоматической электроннолучевой сварки

твэлов, радиоизотопных капсул и других элементов активной зоны ядерных реакторов. В их числе установка электронно-лучевой сварки СА-340 — при непрерывной загрузке и выгрузке изделий; СА-354, СА-457 — для аргонодуговой сварки в горячих камерах; СА-403 — для сварки дугой, управляемой магнитным полем и др.

Всего институтом разработано более 1000 типов сварочного оборудования различного назначения. Ежегодно по разработкам НИКИМТ выпускалось более 1000 единиц оборудования и оснастки для сварки.

Отделение проводит разработку технологий сварки (в том числе взрывом) специальных сталей и сплавов, разнородных металлов. Результатом этих исследований стало внедрение в радиохимическом производстве технологии сварки сплава Cr40—Ni60, для сварки которого совместно с ЦНИИТМАШ созданы электроды ЦТ-49 и проволока ЭК-1; а также внедрение трубных переходников из титана и хромоникелевого сплава, хромистых и хромомарганцевых сталей. Совместно с ИЭС им. Е.О. Патона были разработаны и внедрены новые коррозионностойкие стали ЭИ550, ЭИ551 и ЭИ552, широко используемые в настоящее время в радиохимическом производстве.

При реализации конверсионных программ отрасли институтом выполнен комплекс работ по созданию технологий и сварочной техники для изготовления различного оборудования молочной и сыродельной промышленности, изготовления и монтажа «чистых помещений», робототехнических устройств и т.п.

Достижения в области сварки позволили выполнить заказы на разработку и изготовление специального сварочного и резательного оборудования по контрактам для КНР и Германии. К ним относятся многопозиционные электронно-лучевые установки СА-330 и СА-424; трубосварочные автоматы типа КАМА, ОДА, Минора; оборудование для аргонодуговой сварки сильфонов, капсул; установки для контактно-дуговой резки; системы очистки нейтральных газов; полуавтомат ПРМ-4 и др.

Специалистами-сварщиками института опубликовано четыре монографии; более 500 статей в различных научно-технических журналах; получено более 800 авторских свидетельств на изобретения и патентов. С 1971 по 1995 г. выпускались сборники трудов по сварке в отрасли «Сварка в ядерной технологии». Отделение сварки регулярно участвует в работе Международного института сварки и в различных международных и республиканских выставках.

Значительный вклад в становление и развитие сварочного направления института внесли сотрудники: В.В. Гума, В.В. Рошин, В.С. Попенко, Е. Н. Скопинов, А. П. Просвирин, Н.Б. Макутин, Б.Н. Катков, Ю.А. Якобсон, С.Н. Киселев, В.А. Виноградов, А.А. Куркумели, В.А. Хаванов, В.И. Гриненко, М.К. Любимов, Н.П. Звонарев, В.Р. Лепп, Б.А. Смольников, А. М. Маркелов, В. П. Рыбкин, В. В. Горбанский, Г. Н. Гусаков, М. П. Андреев, И.Д. Веденеев, В.А. Косенко, Н.А. Фролова, И.И. Федюшкин, Ю. С. Ищенко, В. А. Букаров, Л. И. Акулов, В. И. Таран, В. В. Низкий, В. Д. Ефремов, А.Н. Белоусов, В.А. Серьезнов, Л.Н. Щавелев, В. Ф. Муравьев, Ю. С. Седов, Б. Д. Бейдер.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, ПРОМЫШЛЕННОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ И СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Контроль качества сварных швов неразрушающими методами (радиационный, акустический, капиллярный, течеисканием), имеющих первостепенное значение для обеспечения надежности и безопасности ядерно-технических установок, был одним из основных направлений работы института. Главные тематические разработки этого направления:

разработка методик контроля, включая автоматизированные методы;

разработка технологий и устройств контроля при монтаже и ремонте;

техническая и методическая помощь при организации лабораторий контроля в монтажных трестах и на заводах;

обучение и аттестация дефектоскопистов отрасли.

С 1985 г. за НИКИМТ была закреплена головная роль по неразрушающим методам контроля на объектах отрасли, подведомственных Госатомэнергонadzору. Основные достижения института в этой области базируются на ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) в следующих основных научных направлениях:

разработка методов и средств контроля крупнозернистых металлов (сварные соединения аустенитных сталей);

создание способов и приборов для измерения истинных размеров дефектов и оценки степени их опасности;

разработка систем автоматизированного и механизированного контроля, включая дистанционные.

В институте был разработан многочастотный метод УЗ-контроля и дефектоскопы УЗДМ-1, УЗДМ-3, УЗДМ-4, реализующие этот метод. Степень опасности обнаруженных ультразвуком дефектов устанавливается прибором РАЭС-3, анализирующим акустико-эмиссионные сигналы из участков металла с дефектом и без них. На основе научных разработок по УЗ-контролю и промышленному телевидению в конце 60-х годов были созданы системы механизированного контроля для ЯППУ атомных кораблей (установки «Север» и «Полюс»), а затем впервые в нашей стране была разработана, изготовлена и поставлена в 1976 г. в Финляндию на АЭС «Ловииса» система контроля для корпуса реактора ВВЭР-440 — СК 213.

Этот сложный комплекс включал в себя первичные приборы контроля, электромеханические манипуляторы, дефектоскопы, аппаратуру дистанционного управления и обработки результатов контроля. Система обеспечивала контроль с использованием различных неразрушающих методов (ультразвук, радиография, перископический и телевизионный осмотр) в местах, не имеющих доступа для персонала.

На базе опытно-промышленного внедрения систем СК-213 были созданы системы СК-187

для реакторов ВВЭР-1000 и УСК-213 для реакторов ВВЭР-440, которые дали возможность их перевозки и контроля различных блоков. Серийное изготовление разработанных в институте систем УСК-213, СК-187 осуществлялось на Подольском машиностроительном заводе — ЗИО. При непосредственном участии и при техническом руководстве сотрудников института этими системами в 1976—1995 гг. был проведен периодический контроль реакторов на всех АЭС с реакторами ВВЭР в нашей стране и странах Восточной Европы (Болгария, Венгрия, ГДР, Чехословакия).

Для обеспечения повышенных требований безопасности реакторов РБМК институт создал и создает системы контроля для различного оборудования этих реакторов (технологических каналов, сепараторов, коллекторов, трубопроводов).

Разработка систем промышленного телевидения началась в институте с 1961 г. В 60-е годы институтом были разработаны и поставлены специальные телевизионные установки для осмотра и контроля канальных реакторов (промышленные ядерные реакторы, Белоярская АЭС, КС-150 в Чехословакии). На основе накопленного опыта в 70-е годы для осмотра реакторов РБМК были разработаны установки ТСУ-24, ТСУ-24М и ТСУ-23 для судовых ядерных реакторов. Создание миниатюрной телекамеры КТ-30 на передающей трубке с интегральным предусилителем позволило широко оснащать системами телевидения различное ремонтное оборудование (сварочные автоматы, системы контроля, режущие механизмы). Для работы с дистанционно-управляемыми манипуляторами созданы стереотелевизионные установки СТУ-3, СТУ-4, СТУ-5. Основные научные направления по промышленному телевидению касались:

обеспечения высоких параметров при минимальных габаритах ТВ-камер;

повышения термостойкости ТВ-камер;

использования в ТВ-аппаратуре волоконной оптики.

Были созданы телеэндоскоп ТЭ-1, многокурсная система ТЗС-7 и установка ТСУ-6.

В 1986—1987 гг. при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС институтом был разработан и задействован комплекс промышленных телеустановок для оснащения строительных механизмов и территории разрушенного бло-

ка, что значительно сократило дозовые нагрузки на многочисленный персонал, участвующий в аварийных работах.

Наибольший вклад в эти направления внесли В.И. Константинопольский, В.В. Гребенников, В.И. Горбачев, Э.А. Суворовский, Ю.В. Захаров, Г.И. Агапов, Л.М. Глек, М.А. Авсиевич, В.В. Маков, Н.Е. Лебедев, М.В. Григорьев, И.М. Фатеев, В.С. Будницкий, Ю.М. Троицкий, В.П. Юдин, В.П. Суворов, Н.И. Карасев, Л.В. Процан, В.П. Иванов, М.М. Лифшиц, Н.А. Сидоркин.

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ, ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И УЛУЧШЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

Институт, являясь головной организацией в отрасли по полимерным материалам и покрытиям, достиг значительных результатов, составляющих основу науки и практики применения полимерных покрытий в ядерной технике и энергетике. Силами специализированных отделов и лабораторий обеспечивается выполнение научно-технических задач в следующих направлениях:

антикоррозионные, радиационно-стойкие полимерные покрытия (преимущественно водостойкие, химически- и атмосферостойкие) для строительных конструкций, коммуникаций и вспомогательного оборудования;

специальные полимерные покрытия для защиты строительных конструкций, коммуникаций и вспомогательного оборудования;

теплоизоляционные полимерные материалы и изделия для защиты трубопроводов и оборудования ядерных энергетических установок;

снимаемые защитные полимерные материалы и покрытия для улучшения радиационной обстановки на объектах;

технология изготовления изделий специального назначения из термопластичных материалов;

технология переработки и получения изделий из композиций реактопластов.

Результатом научно-исследовательских и внедренческих работ по этим направлениям явились 382 авторских свидетельства и патента ведущих стран мира, более 640 научных публикаций, в том числе и за рубежом, более 500 единиц ведомственных руководящих материалов и технической документации.

Разработки реализованы на различных объектах народного хозяйства и оборонного комплекса, таких как атомные ледоколы «Ленин», «Арктика», «Сибирь», атомные подводные лодки всех поколений, атомные электростанции у нас в стране и за рубежом, сооружения в Табошарах, предприятия ядерной промышленности, двухцелевой ядерный опреснительный комплекс в г. Шевченко, при проведении работ по ликвидации аварии на ЧАЭС.

Созданные и внедренные полимерные материалы и покрытия показали более высокую эффективность по сравнению с зарубежными.

В создание и развитие этого направления наибольший вклад внесен Е.В. Рогановым, Б.Н. Егоровым, И.И. Шигориной, В.Г. Шигориным, Ю.Н. Медведевым, Е.А. Козловой, И.Я. Симановской, В.П. Пименовой, Ю.В. Ханкиным и другими сотрудниками.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ

В процессе своего развития институтом были освоены несвойственные для его основной тематики новые направления работ, необходимость которых диктовалась развитием научно-технического прогресса и конверсии отрасли. К их числу относятся:

1. Конструирование и изготовление многослойных сильфонных тепловых компенсаторов различных диаметров ($d_{\max} = 2600$ мм) из коррозионностойких сталей. На опытном производстве была освоена сложная технология их изготовления (сварка тонкостенных листов и обечаек, формовка многослойных обечаек, приварка концевых деталей, другие технологические операции). После ресурсных испытаний различных конструкций компенсаторов были изготовлены мелкие серии компенсаторов и поставлены на различные ядерные объекты.

Основной вклад в создание этих конструкций внесли В.В. Чугреев, В.И. Мосолов, Л.Д. Луганцев, П.Г. Лексин, В.И. Зеленов.

2. Создание центробежных экстракторов для радиохимических производств, производства редких, редкоземельных и рассеянных элементов, получения чистых и особочистых веществ, производства лекарств.

Разработаны центробежные экстракторы производительностью от 20 л/ч до 20 м³/ч из нержавеющей стали, титана, циркония и фторопласта. Изготовлено более 2000 экстракторов.



Девятиступенчатый центробежный экстрактор

Свыше 20 лет центробежные экстракторы эксплуатируются в процессах переработки обогащенного урана, получения ядерно-чистого циркония, гафния, самария, медицинских препаратов: линкомицина, фламина и калефлона. Надежность экстракторов обеспечивается виброизоляторами, балансировкой и диагностикой.

Основной вклад в это направление внесли Г. И. Кузнецов, В. А. Елин, С. М. Беляков, Л. И. Шкляр.

3. Создание медицинской техники (перфузионные насосы МТ-16М, МТ-16МК, Унирол-05, Унирол-01) для гемосорбции, гемофильтрации, плазморефаза; технические средства (РИД-1, Манук-1) для лечения легочной патологии (бронхиальной астмы, хронического бронхита, затяжной пневмонии). Научным руководителем этого направления является И. А. Люкевич.

4. Применение СВЧ-энергии для сушки, выпарки и спекания непроводящих материалов в целях экономии электроэнергии и ускорения технологических процессов под руководством А. А. Куркумели и М. Н. Молохова.

5. В рамках целевой комплексной программы НИОКР в 1988 г. разработаны и освоены в промышленном производстве элементы ограждающих конструкций чистых производственных помещений (ЧПП), фильтры, терморегулирующие агрегаты, обдувочные шлюзы и т.п. Решена задача математического моделирования воздушных потоков и тепломассообмена.

За истекший период разработаны и введены в эксплуатацию объекты ЧПП для микроэлектроники (Зеленоград), два объекта воздухопод-

готовки для крупнительной сборки элементов ракетно-космической техники и космических аппаратов (ОКБ-Салют, Байконур).

Основной вклад в это направление внесен А. Д. Спиридоновым, А. Д. Гайдуковым, С. А. Александровым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За прошедшие 40 лет институтом внесен большой вклад в развитие и становление ядерной индустрии России, особенно в технический прогресс монтажного производства, безопасность эксплуатации ядерных объектов основного производства, ядерную энергетику и атомное судостроение.

Благодаря своим научно-техническим достижениям институт занял специфическое место среди многочисленных научных и конструкторских организаций Минатома РФ и стал головным по: ремонту и реконструкции ядерных реакторов; сварке и контролю сварных соединений; полимерным материалам и покрытиям; созданию робототехнических средств и дистанционно управляемых комплексов.

Характерной особенностью НИКИМТ является то, что все его основные тематические разработки заканчиваются поставкой «Заказчику» различного оборудования, механизмов, приборов и т.п., изготовленных опытным производством института, которое постоянно расширялось и переоснащалось в течение многих лет.

С 1966 г. институтом было получено 2071 авторское свидетельство на изобретения из 2819 поданных заявок, а в зарубежных странах запатентовано 54 изобретения.

Институт неоднократно занимал первое и другие призовые места в соревновании НИИ и КБ Министерства в области изобретательства и рационализации, в чем существенный вклад начальника патентного отдела (с 1968 по 1975 г.) А. А. Медведева.

Образцы созданной новой техники экспонировались на различных выставках, включая международные. Институт многократно был награжден дипломами ВДНХ, а его сотрудники в различные годы получили 15 золотых, 47 серебряных и 187 бронзовых медалей ВДНХ.

В 1961 г. в институте работало всего два кандидата технических наук. На базе тематических разработок институтом подготовлено 58 канди-

датов технических наук, а три сотрудника — С.Н. Киселев, В.А. Виноградов, Г.И. Кузнецов защитили докторские диссертации.

Заслуги института отмечены Правительством, Министерством и другими органами власти.

Вклад специалистов института в развитие ядерной промышленности отмечен присуждением почетных званий и Государственных наград:

Государственные премии СССР присуждены:

Л.Я. Лумеру, Я.М. Тупицыну в 1967 г.

В.П. Иванову, Ю.Ф. Юрченко в 1971 г.

Ю.С. Ищенко в 1976 г.

И.А. Бачелису, В.А. Волкову, В.И. Константинопольскому, А.П. Просвирину В.В. Рошину в 1977 г.

Э.А. Суворовскому в 1978 г.

Б.А. Пятунину в 1979 г.

В.В. Вайнштейну в 1982 г.

Г.И. Кузнецову, С.М. Белякову, М.С. Матраеву, В.Г. Солдатенкову, Л.И. Шкляру, Ю.Ф. Юрченко в 1988 г.

Премии СМ СССР присуждены:

А.Я. Агольцову, А.Н. Яхтину в 1979 г.

Л.П. Доморацкой в 1981 г.

Е.И. Голубеву в 1983 г.

А.И. Панферову, В.И. Гриненко, В.Р. Леппу, В.А. Хаванову в 1991 г.

Звание Заслуженный изобретатель РФ присуждено Б.Н. Егорову и В.И. Константинопольскому, звание Заслуженный технолог РФ — Б.А. Пятунину и В.В. Вайнштейну, звание Заслуженный машиностроитель РФ — Б.С. Потапову.

Правительственными орденами и медалями награждены 165 сотрудников института, при этом звание Герой Социалистического Труда присвоено в 1960 г. И.И. Федюшкину.

Лаборатория «В» — Государственный научный центр Российской Федерации «Физико-энергетический институт» имени А.И. Лейпунского и этапы его деятельности

Б.Ф. Громов, О.Д. Казачковский, Л.А. Кочетков, М.Ф. Троянов

В декабре 1945 г. вышло решение Совета Министров СССР об образовании в структуре 9-го управления МВД нескольких закрытых научных институтов («объектов»), в том числе и Лаборатории «В». В апреле 1946 г. генерал Л.С. Буянов назначен начальником объекта, 13 мая 1946 г. объекту переданы помещения бывшей колонии испанских детей вблизи поселка Обнинское, в 100 км к юго-западу от Москвы, а 31 мая 1946 г. подписан приказ о приеме первых сотрудников. С этой даты и ведется официальный отсчет времени существования одного из крупнейших НИИ России в области ядерной науки, техники, энергетики.

В 1946—1949 гг. становлением института и организацией научной работы в нем со стороны 9-го управления МВД руководил Александр Ильич Лейпунский, академик АН УССР. В то время он был заместителем по научной работе руководителя 9-го управления МВД А.П. Завенягина, входил в состав Научно-технического совета Первого главного управления (ПГУ) при Совете Министров СССР, в 1953 г. преобразованного в Министерство среднего машиностроения. После 1956 г. и до конца своей жизни фактическим научным руководителем института был А.И. Лейпунский. Именно ему принадлежит определяющая роль в формировании научного лица института; он стал научным руководителем всех основных проектов в период 1956—1972 гг.

В марте 1947 г. НТС ПГУ обсуждает проект первой программы НИОКР по использованию ядерной энергии в различных сферах ее возможного применения. После этого обсуждения были подготовлены поручения А.И. Лейпунскому и Лаборатории «В» (с 1960 г. — Физико-энергетический институт (ФЭИ)) совместно с Лабораторией № 2 (РНЦ КИ) по разработке реакторов с бериллием в качестве замедлителя — первая крупная задача, поставленная перед институтом. Позднее эта задача была снова подтверждена Лаборатории «В» по-

становлением правительства № 1127-402 от 6 апреля 1948 г. Программа работ Лаборатории «В» включала исследования по комплексному изучению замедлителя на основе бериллия и оксида бериллия. До 1952 г. эти исследования проводились в Лаборатории «В» совместно советскими и немецкими специалистами (группой до 33 человек), ранее работавшими в основном в Дрездене. Группу возглавлял известный физик Х. Позе, который в первые годы был научным руководителем Лаборатории «В».

Результаты исследований по металлическому бериллию частично использовались при разработке реакторов с промежуточным спектром нейтронов со свинцово-висмутовым теплоносителем для ядерно-энергетических установок подводных лодок. Металлический бериллиевый отражатель применялся в реакторах космического назначения и в виде оксида предполагался к использованию в нереализованных проектах высокотемпературных реакторов для летательных аппаратов. Одним из результатов работ по применению оксида бериллия стало овладение технологией керамик, в том числе монокристаллов, для различных приложений, в частности для применения в термоэмиссионных ТВС реакторов-преобразователей.

Разработка протонного ускорителя была другим направлением исследований в первые годы деятельности института. После формулирования В.И. Векслером принципа автофазировки работа «московского куста НИИ» сосредоточилась на разработке синхротрона, рассчитанного на высокие энергии ускорения электронов. В 1946 г. А.И. Лейпунский высказал идею об ускорении в кольцевых ускорителях первоначально нерелятивистских частиц. По его предложению работа над ускорителем протонов — синхрофазотроном — УПК-1-1,5 на энергию до 1,5 ГэВ началась в Лаборатории «В» со второй половины 1947 г. Однако по решению Спецкомитета при ГОКО сначала бы-

ло признано необходимым объединить усилия ИОФАН (позднее ФИАН) и Лаборатории «В» в этой области, а затем, в 1959 г., все работы по УПК-1—1,5 в Лаборатории «В» были прекращены.

После успешного испытания 29 августа 1949 г. первой советской ядерной бомбы, когда было реализовано в промышленном масштабе производство обогащенного урана и плутония, в ПГУ началось активное обсуждение программ и проектов использования ядерной энергии в целях создания энергетических установок для кораблей и летательных аппаратов, для выработки электрической энергии, в целях использования ядерных взрывов для строительных нужд и в целях резкого увеличения производства и применения изотопов. Лаборатория «В» принимает активное участие в этом обсуждении.

31 октября 1949 г. А.И. Лейпунский, Д.И. Блохинцев (директор Лаборатории «В» с 1950 по 1956 г.) и А.Д. Зверев обращаются к заместителю начальника ПГУ А.П. Завенягину с докладной запиской, в которой приводят результаты работы в Лаборатории «В» по бериллиевому реактору с гелиевым теплоносителем и предлагают развернуть в институте новые направления исследований. Это был первоначальный набросок программы работ Лаборатории «В» на ближайшие годы, который предполагал «... шире развить работы по различным энергетическим системам в целях их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей решения задач».

Вскоре программа получила неожиданную и мощную поддержку со стороны правительства. В конце 1949 в начале 1950 г. в ПГУ непрерывно обсуждаются различные варианты постановления правительства по использованию ядерной энергии в народном хозяйстве. Согласно ряду таких документов, подписанных И.В. Сталиным, на территории Лаборатории «В» в кратчайшие сроки намечалось построить три экспериментальных энергетических реактора: аппараты Ш, ВТ и АМ в сочетании с «электростанцией», а по сути дела с машинным залом с турбиной и генератором мощностью 5000 кВт. По первоначальному замыслу И.В. Курчатова все три реакторные установки предназначались для принципиального подтверждения практической возможности преобразования тепла ядерных реакций реакторов в

механическую и электрическую энергию промышленного значения. Технические проекты установок предлагалось выполнить в 1950 г. В случае успеха имелось в виду их применение на флоте и на электростанциях. Аппарат АМ, как наиболее подготовленный предшествующим опытом, был определен как первоочередной в этой серии и вскоре получил статус Первой АЭС. Постановлением правительства от 29 июля 1950 г. Д.И. Блохинцев был назначен заместителем главного конструктора по физическим вопросам всех разрабатываемых по этому заданию реакторных установок, а в 1951 г. по предложению И.В. Курчатова научное руководство всеми работами по реактору АМ было передано Лаборатории «В». Так начиналось создание Первой АЭС, и с 1951 г. в истории института обозначился новый чрезвычайно плодотворный этап. Первая в мире АЭС, начавшая свою долгую жизнь 27 июня 1954 г., со временем превратилась в исследовательскую реакторную установку широкого профиля с утилизацией вырабатываемого тепла и большой программой по производству изотопной продукции медицинского назначения (реактор эксплуатируется до настоящего времени). Две другие установки в конечном итоге претерпели существенные изменения. В 1951—1952 гг. их предназначение связывалось с созданием энергоисточника нового типа для атомных подводных лодок. Отказавшись окончательно от гелия как теплоносителя, Лаборатория № 2 (И.В. Курчатова и А.П. Александрова) совместно с СКБ-5 (НИИхиммаш, Н.А. Доллежал) разрабатывают реактор на промежуточных нейтронах с уран-бериллиевым сплавом в качестве топлива и жидкометаллическим свинцово-висмутовым теплоносителем. Первый реактор (стенд 27 ВМ) начал работать в 1956 г., второй (стенд 27 ВТ) — в 1959 г. Начиная с первой записки, направленной в ПГУ в декабре 1949 г., А.И. Лейпунский настойчиво предлагает развернуть в Лаборатории «В» исследования по реакторам-размножителям на быстрых нейтронах. Подробное обоснование целесообразности развития этого направления им дано в докладной записке, направленной в ПГУ в 1951 г. В 1952 г. в институте обсуждается первый вариант перспективной программы развития реакторов на быстрых нейтронах.

В этом же году начинается разработка реак-

тора БНТФ (более позднее название — БР-2) с активной зоной на основе металлического плутония и ртутным теплоносителем мощностью до 150 кВт. По проекту, выполненному ЦНИИ-58 (первоначальные разработки — ОКБ «Гидропресс»), ГСПИ-11, ОКБ-12 и другими смежниками, он был сооружен в Лаборатории «В» в 1956 г., а годом раньше была сооружена его физическая модель — реактор БР-1. Проведенными экспериментами на реакторе БР-2 и критической сборке БР-1 была подтверждена идея расширенного воспроизводства. Вместе с тем, эксплуатация реактора БР-2 подтвердила бесперспективность ртутного теплоносителя. В 1957 г. реактор БР-2 был демонтирован и на его месте в кратчайшие сроки сооружается реактор БР-5, где впервые для первого контура был принят натриевый теплоноситель, а в качестве топлива — диоксид плутония. В июне 1959 г. реактор БР-5 был выведен на проектную мощность 5 МВт. Программа работ по реакторам на быстрых нейтронах была поддержана правительством, и вновь образованному Министерству среднего машиностроения была поручена разработка долговременных планов по реакторам-размножителям на быстрых и промежуточных нейтронах.

С 50-х годов ФЭИ проводит исследования по применению ядерной энергии в задачах освоения космического пространства. Эти работы ведутся по двум направлениям использования космических ядерных энергетических установок (ЯЭУ): обеспечение перемещения космических аппаратов в пространстве и удовлетворение бортовых потребностей в электрической энергии.

К 1951 г. относятся первые выполненные в Лаборатории «В» оценки характеристик ядерных ракетных двигателей (ЯРД) с различными теплоносителями. В 1956—1957 гг. совместно с другими организациями был спроектирован экспериментальный ЯРД на тягу 3,6 т с удельным импульсом 900 с, прототип которого был сооружен и испытан в 1978—1983 гг. на Семипалатинской экспериментальной базе при уровнях мощности, близких к номинальным. Испытания подтвердили перспективность заложенных в проекте идей. В последующие годы по этой тематике ФЭИ вместе со смежными организациями проводил разработку концепций перспективных бимодальных энерго-

двигательных установок с использованием технологии ЯРД.

Еще одно направление деятельности института. ФЭИ является инициатором и одним из основных разработчиков использования термоэлектрического и термоэмиссионного принципов преобразования тепловой энергии в электрическую. С 1956 г. начаты работы по созданию реакторной термоэлектрической установки «Бук» с малогабаритным реактором на быстрых нейтронах и «выносного» термоэлектрического генератора на полупроводниковых элементах. Установки «Бук» свыше трех десятилетий эксплуатировались на искусственных спутниках Земли серии «Космос». В 1958 г. в институте по предложению И.И. Бондаренко были начаты исследования для обоснования реактора с термоэмиссионным принципом прямого преобразования энергии. Решение проблем создания материалов эмиттерного и коллекторного узлов, изучение процессов эмиссии и диффузии электронов в цезиевой плазме, технологии и тепломассообмена натрий-калиевого теплоносителя, ювелирная разработка и создание экспериментальных образцов топливных сборок — электрических генераторов энергии (ТЭП) и экспериментальных петель на реакторе Первой АЭС, в которых прошли многочисленные испытания ТЭП, обеспечили создание первого в мире термоэмиссионного реактора-преобразователя на промежуточных нейтронах «Топаз». Семь образцов энергоустановок с такими реакторами прошли наземные испытания на специальном испытательном комплексе ФЭИ в 1970—1984 гг. Летно-конструкторские испытания установок с реакторами «Топаз» в космосе были успешно проведены в 1987—1988 гг. на искусственных спутниках земли «Космос-1818» и «Космос-1867». Эти летные испытания были первыми и остаются единственными в мире испытаниями космических ЯЭУ термоэмиссионного типа.

В тени охраняемых секретов деятельности Лаборатории «В» в период 1952—1955 гг. до сих пор находился факт разработки теории термоядерного взрыва. Эти исследования велись под руководством Д.И. Блохинцева. Числовые расчеты проводились по заданиям физиков-теоретиков математическим бюро под руководством Е.С. Кузнецова. Изучались процессы термоядерной детонации в дейтерии и

дейтерий-тритиевых смесях, кинетические процессы в неравновесной термоядерной плазме, оптические явления при термоядерном взрыве в атмосфере. В 1956 г. Д.И. Блохинцев был назначен директором ОИЯИ в г. Дубне, и теоретические исследования термоядерного взрыва в ФЭИ к этому времени были прекращены.

С 1956 г. по поручению Министерства среднего машиностроения в ФЭИ ведутся работы по созданию АЭС малой мощности для энергообеспечения удаленных и труднодоступных районов. Опытный образец такой установки ТЭС-3 с малогабаритным водо-водяным реактором был разработан совместными усилиями ФЭИ и ОКБ Кировского завода и сооружен в ФЭИ в 1961 г. Мощность установки 1500 кВт(э); за исключением внешних распределительных электрических устройств она была размещена на четырех самоходных гусеничных платформах. Намеченная программа исследований на ТЭС-3 была успешно выполнена; установка продемонстрировала высокую надежность, способность работать в изолированном режиме, способность к саморегулированию по каналу расход питательной воды (пара) — мощность реактора. Не было замечаний и к твэлам активной зоны. Для ТЭС-3 впервые был разработан и применен твэл кольцевого типа с уран-алюминиевым топливом, диспергированным в силициновой матрице. Идеи ТЭС-3 впоследствии были развиты в проектах серии установок типа АБВ («Север»), разработанных вместе с ОКБМ.

Практически одновременно с разработками по проекту ТЭС-3 в ФЭИ по поручению министерства согласно постановлению правительства от 28 августа 1958 г. были развернуты работы по нескольким проектам реакторных установок для подводных судов: В-3, ВМ-8, ВМ-8М и В-7. При рассмотрении технических проектов вариантов активных зон установки В-3 разработки ФЭИ были признаны во многом более удачными, было предложено их ассимилировать в основной проект, разрабатываемый Курчатовским институтом, но работы по этой тематике были прекращены в 1963 г.

Для обоснования уже существующих и будущих реакторных установок потребовалось создание экспериментальной базы. С измерения сечений радиационного захвата, неупругого рассеяния, с исследования характеристик реакций деления начиналась экспериментальная

ядерная и нейтронная физика. Базой этих исследований стал созданный комплекс из шести электростатических ускорителей ионов, микротрона, нейтронных пучков ядерных реакторов и критических стенов. Большая программа экспериментальных исследований структуры твердых тел и жидкостей осуществлялась на спектрометрах медленных нейтронов. Широко известны теоретические исследования специалистов института по физике деления ядер, по статической теории ядерных реакций, плотностей ядерных уровней, феноменологическим и микроскопическим моделям коллективных возбуждений ядер. Созданный в ФЭИ в 1963 г. Центр ядерных данных (ЦЯД) входит в мировую систему центров, координируемых МАГАТЭ.

Специалистами ФЭИ внесен существенный вклад в развитие теории ядерных реакторов с различным спектром нейтронов и их защиты, в развитие вычислительных методов многогрупповых расчетов. В поддержку этой сферы деятельности в институте создано 19 физических моделей реакторов (критических стенов), которые позволили провести детальные исследования физических характеристик реакторов, разрабатываемых институтом. Для исследований характеристик реакторов на быстрых нейтронах (РБН) были созданы критические стеноды БР-1, БФС-1, БФС-2 и КОБР. Для исследований физических характеристик водо-водяных реакторов был создан критический стенд МАТР, позволивший исследовать активные зоны водо-водяных реакторов относительно небольшой мощности при высоких температурах.

На других критических стенодах изучались физические характеристики реакторов подводных лодок, твердофазных и газофазных реакторов ЯРД. Физика реакторов с прямым термоэмиссионным преобразованием энергии изучалась на критических сборках со сменяемыми решетками ТВС, бериллиевыми отражателями, поворотными регулирующими органами. Один из стенов предназначен для моделирования лазерного блока с накачкой от ядерного реактора.

Исследования на критических стенодах ФЭИ активных зон новых реакторов не обошлись без драматических событий. В 1954, 1962, 1966 и 1977 гг. случились неуправляемые вспышки мощности при проведении исследований на критических сборках с облучением персонала.

Поскольку подобные события происходили на других предприятиях, Минсредмашем было принято решение об организации в 1958 г. при ФЭИ первоначально отраслевой лаборатории, а затем отдела ядерной безопасности. Отдел разрабатывал рекомендации и контролировал ядерную безопасность на промышленных предприятиях отрасли, в хранилищах, складах и при перевозке ядерного топлива.

Изучение высоких тепловых нагрузок, затененных пучков твэлов жидкометаллических и кипящего водного теплоносителей, сложной гидравлической схемы контуров и теплообменного оборудования потребовало создания уникальной экспериментальной базы по проблемам теплофизики и гидравлики и разработки сложных многомерных методов расчета полей и скоростей. Созданный в институте банк данных по критическим тепловым потокам является одним из наиболее полных в мире.

Фундаментальные экспериментальные исследования были проведены по жидкометаллическим теплоносителям: по натрию и натрию-калию — для быстрых реакторов АЭС, исследовательских реакторов и космических установок, по свинцу висмуту — для реакторов подводных лодок, по ртути, литию, цезию. Первые два стенда с натрий-калиевым теплоносителем были сооружены в 1953—1954 гг. Впоследствии для новых стендов было построено шесть зданий. Исследования на стендах потребовали разработки специальных, в том числе миниатюрных, датчиков. Определение физико-химических свойств, разработка оперативных, автоматических и тонких лабораторных методов анализа примесей, теплогидравлические и коррозионные исследования по определению допустимых концентраций примесей, разработка методов очистки теплоносителей от примесей, исследования процессов горения и взаимодействия с водой, разработка эффективных средств защиты оборудования в аварийных ситуациях и средств ликвидации пожаров — весь этот спектр проблем необходимо было исследовать в сжатые сроки. Эти исследования носили уникальный характер, хотя такие страны, как США, Великобритания и Франция, которые приступили к разработке РБН практически в то же время, также были вынуждены проводить независимые исследования по тому же кругу проблем, однако систематический обмен информацией с этими

странами начался лишь с середины 80-х годов. В последние годы в отделении теплофизики и теплогидравлики созданы современные стенды для исследования процессов, протекающих при тяжелых авариях в реакторах типа ВВЭР, РБМК и БН. На них проводятся исследования по кипению жидкометаллических теплоносителей, по взаимодействию расплавленного топлива с теплоносителем и с корпусом реактора, по тепломассопереносу под защитной оболочкой в случаях разрывов трубопроводов первого контура.

Параллельно с проведением экспериментальных исследований в институте создавались современные методы и программы для ЭВМ (коды) по теплогидравлическим расчетам. Они разрабатывались в математическом отделе института, в реакторных и теплофизическом отделениях. В 1980 г. был образован отраслевой Центр теплофизических данных, задачей которого стала обработка информации, ее хранение и обеспечение проектных организаций наиболее точными экспериментальными данными по теплофизике и теплогидравлике.

Работы над созданием практически всех компонентов активных зон — твэлов и поглощающих элементов и их сборок, замедлителей, элементов источников — также стали неотъемлемой частью деятельности ФЭИ. Они требовали всесторонних материаловедческих и радиохимических исследований. Материаловедческие, технологические и радиохимические исследования также первоначально были инициированы работами по проекту Первой АЭС. Затем они многократно расширились и углубились в связи с разработками тепловых и быстрых энергетических реакторов, а также реакторов судовых и космических установок. Все эти исследования позднее были сосредоточены в самом крупном по числу сотрудников технологическом отделении.

Экспериментальная база этого направления непрерывно совершенствовалась. Она размещена теперь в шести крупных зданиях и включает стендовый корпус с циркуляционными контурами жидкометаллических теплоносителей, химико-лабораторный корпус с традиционным оборудованием, участок исследования исходных материалов, механические мастерские, сварочный цех, стеклодувную, печное оборудование, корпус по изготовлению твэлов

и ТВС, «горячие» материаловедческие и радиохимические лаборатории.

Трудами сотрудников института созданы твэлы Первой АЭС, I и II блоков Белоярской и Билибинской АЭС, твэлы реакторов подводных лодок со свинцово-висмутовым теплоносителем, твэлы реактора БР-10 на основе нитридного топлива, сурьмяно-бериллиевые источники нейтронов для реакторов БН-350 и БН-600, твэлы реактора установки «Бук», электрогенерирующие сборки реактора-преобразователя «Топаз». Исследования, проведенные в «горячей» радиохимической лаборатории, послужили базой для разработки технологических процессов Завода РТ — первого завода в нашей стране по переработке облученного топлива энергетических реакторов. Разработаны технологии получения изделий из оксидов скандия, иттрия, алюминия, бериллия, изготавливаются монокристаллические изделия из лейкосапфира, освоены технологии соединения металлических и керамических изделий. Технологические разработки были поддержаны глубокими теоретическими исследованиями по физикохимии твердого и жидкого состояния веществ, были развиты современные методы исследований веществ.

Хотя объем выполняемых в институте фундаментальных исследований значителен — 15—20%, все же основное направление его деятельности после 1955 г. носило прикладной характер и связано с разработкой реакторов различного назначения. С момента передачи научного руководства по реактору АМ из Лаборатории № 2 (ЛИП АН СССР) в ФЭИ (1951 г.) вся ответственность за научное обоснование установки легла на ФЭИ. Среди множества проблем две вызвали особую тревогу и потребовали к себе внимания на протяжении всего времени разработки проекта — это физическое обоснование активной зоны и разработка твэлов. За три месяца до пуска АЭС в Лаборатории «В» была создана критическая сборка с проектными твэлами реактора АМ. На ней 3 марта 1954 г. был осуществлен первый в институте цепной процесс деления ядер урана и проведены первые экспериментальные исследования физических характеристик реактора. 9 мая 1954 г. в реакторе АМ впервые была осуществлена самоподдерживающаяся реакция деления и затем на нем под руководством А.К. Красина и Б.Г. Дубовского выпол-

нены физические измерения по программе физического пуска. 26 июня 1954 г. можно считать днем рождения ядерной энергетики. В этот день пар, выработанный за счет энергии ядерных реакций, сопровождаемый шутивным поздравлением И.В. Курчатова «с легким паром», был подан на турбину Первой АЭС.

С созданием реактора АМ институт получил по тем временам мощный источник нейтронов, который использовался для физических и материаловедческих исследований и для производства радиоизотопной продукции. С этой целью на реакторе проектом были предусмотрены пучок нейтронов, тепловая колонна, «кривые» каналы для производства изотопов, горячая камера. Проектом также были предусмотрены помещения с проходками через боковую защиту в шахту реактора для экспериментальных петель. Позднее в этих и других помещениях было смонтировано более десятка петель, на которых проходили испытания твэлы для реакторов самого различного назначения.

В последние годы наиболее значительной и интересной была работа по созданию петель и испытанию твэлов и ТВС реакторов космического назначения с термоэлектрическим и термоэмиссионным преобразованием энергии.

На протяжении всех лет эксплуатации реактора АМ шел непрерывный процесс модификаций, направленных на повышение его экономической эффективности и безопасности. За последние годы реактор и АЭС трижды подвергались комплексной проверке комиссией экспертов министерства и трижды получали разрешение на продление эксплуатации. Важно констатировать, что за 44 года эксплуатации АЭС, расположенная в черте 100-тысячного города, не была причиной профессиональных заболеваний и тем более жертв ни своего персонала, ни окружающего населения.

Создание Первой АЭС, ее в целом успешная эксплуатация, ее доступность большому числу делегаций по достоинству были оценены мировой общественностью. Мы можем гордиться тем, что, используя накопленный при создании ядерного оружия «разгон» и опыт, наша страна первой продемонстрировала использование ядерной энергии для гражданских целей, сделала первый шаг к открытости в опасной области ядерных технологий.

Освоение номинальной мощности и стабилизация работы реактора АМ стимулировали

разработку более мощных АЭС. Так, разработка проекта первой очереди Белоярской АЭС в составе двух блоков выполнялась ФЭИ совместно с НИКИЭТ (в то время НИИхиммаш) и ЛО АЭП в соответствии с постановлением СМ СССР от 15.03.56 г. В процессе разработки проекта ФЭИ выполнил физические расчеты активной зоны с оптимизацией ее состава. Задача точного предсказания основных физических характеристик, несмотря на приобретенный опыт при проектировании АМ, оказалась весьма трудной. В 1957 г. в ФЭИ был сооружен критический стенд с центральной вставкой-имитатором реальной активной зоны реактора АБМ. В годы работы над проектом (1955—1965 гг.) в ФЭИ были выполнены важные, нашедшие всеобщее признание работы по теории реакторов. Другой важный раздел исследований, выполненных в ФЭИ в обоснование проекта АБМ, касался теплотехнической надежности. Также был выполнен большой объем исследований по разработке твэлов. Специалисты ФЭИ приняли активное участие в подготовке персонала будущих эксплуатационников, в подготовке и проведении пусконаладочных работ, физического и энергетического пусков обоих блоков АБМ.

В 1981 и в 1989 гг. реакторы АБМ-1 и АБМ-2 были остановлены. В настоящее время они находятся в стадии вывода из эксплуатации. В этих проектах были реализованы многие пионерные технические решения. Приемниками канальных реакторов АВ стали реакторы Билибинской АТЭЦ.

Работы над проектом Билибинской АТЭЦ в ФЭИ начались в 1963 г. в кооперации с Уральским отделением института Атомтеплоэнергопроект (генеральный проектировщик) и Техническим бюро «Энергоблок» (главный конструктор). Инициаторами создания такого реактора были сотрудники Первой АЭС. В целях обеспечения надежности и безопасности ФЭИ было предложено проектировать установку на естественной циркуляции, с умеренными тепловыми нагрузками и умеренными параметрами. Был тщательно проанализирован весь предшествующий опыт создания и эксплуатации реакторов АМ и АМР, разработаны усовершенствования водного режима, конструкции топливных сборок, систем контроля за параметрами реактора.

По проекту Билибинской АТЭЦ в ФЭИ на

реакторе АМ были созданы стенд и петля с почти полной копией штатных каналов для изучения гидродинамических процессов во всех переходных режимах, выполнены необходимые физические расчеты и эксперименты, разработаны твэлы. В связи с недостаточным опытом в вопросах ядерной энергетики, которым обладали привлеченные к проекту организации главного конструктора и генерального проектировщика, ФЭИ пришлось взять на себя большую, чем в проекте АМВ, долю работы.

Эксплуатация Билибинской АТЭЦ началась в 1974 г., ее реакторы эксплуатируются в диспетчерском режиме в соответствии с загрузкой в сети с ежедневным изменением мощности. Пока это единственный в мире положительный опыт работы АЭС в режиме регулирования мощности. За более чем 20-летний период на реакторе не было отмечено ни одного случая аварии с твэлами и топливными каналами.

В последние годы это направление малой ядерной энергетики было воплощено в проектах второй очереди Билибинской АТЭЦ и в виде серии АЭС малой мощности с интегральными реакторами водо-водяного типа.

Одна из наиболее ярких страниц истории института связана с реакторами на быстрых нейтронах (РБН). ФЭИ и его научному руководителю А.И. Лейпунскому по праву принадлежит ведущая роль в разработке основ и создании первых промышленных РБН. Пуск и эксплуатация реактора БР-5 позволили получить первый опыт массового испытания твэлов, эксплуатации и ремонта оборудования натриевого контура, загрязненного осколками деления. На реакторе были проведены измерения температурного и мощностного эффектов, исследована динамика переходных процессов. Полученный опыт позволил откорректировать программу работ по РБН на ближайшее будущее: было решено сосредоточиться на разработке проекта БН-350 тепловой мощностью 1 млн. кВт. Задание на этот реактор было разработано ФЭИ в мае 1960 г. (работы велись совместно с ГСПИ-11 (генеральный проектировщик), ОКБМ (генеральный конструктор) и другими предприятиями). В период с 1960 по 1972 г. продолжалось интенсивное развитие теории, методов расчета, были сооружены большие физические стенды БФС-1 (1961 г.) и БФС-2 (1970 г.). Физический пуск БН-350 состоялся в г. Шевченко (ныне Ак-

тау, Казахстан) 29 ноября 1972 г. Результаты проведенных во время физического пуска исследований довольно хорошо совпали с предсказанными в проекте. 16 июля 1973 г. состоялся энергетический пуск установки.

Опыт энергетического пуска и последующей эксплуатации выявил немало недоработок и ошибок проекта. Было внесено немало усовершенствований, которые устранили недоработки проекта. С 1978 г. установка работает стабильно с хорошим коэффициентом использования мощности. Сотрудники ФЭИ были активными участниками энергетических пусков и реализации многих исследовательских программ. В 1993 г. закончился проектный (назначенный) ресурс работы установки. С этого времени ежегодно эксплуатационниками и проектными организациями разрабатывается записка по безопасности, которая служит основанием для продления эксплуатации установки на очередной год.

В 1963 г., еще в процессе работ над проектом БН-350, было признано целесообразным приступить к проектированию более мощного реактора БН-600 — прообраза будущих коммерческих установок. Планируемые более высокие теплонапряженность, уровень температур активной зоны требовали серьезных комплексных испытаний элементов будущей активной зоны. Таким образом, в процессе работы над БН-600 пришли к необходимости создания нового экспериментального реактора БОР-60 (работы велись совместно с ОКБ «Гидропресс», ВНИИНМ и др.)

В 1964—1968 г. в ФЭИ было выполнено расчетное и экспериментальное обоснование физических характеристик реактора, в том числе на стенде БФС была собрана и исследована модель реактора. Строительство БОР-60 началось в 1965 г., а в 1969 г. состоялся его пуск. Все физическое и инженерное обоснование проекта БОР-60 выполнялось в ФЭИ теми же коллективами, которые участвовали в разработке БН-350.

В 1965—1968 гг. по предложению ФЭИ совместно с ОКБМ и ЛО АЭП разрабатывается новая концепция реактора БН-600 с интегральной компоновкой первого контура, однако завершение строительства и пусковые работы на БОР-60 и БН-350 вынудили участников разработки БН-600 отложить или замедлить их выполнение. Только после 1973 г. резко воз-

растает интенсивность исследований по проекту БН-600.

Физический пуск реактора был осуществлен в начале 1980 г., а 8 апреля 1980 г. первые два турбогенератора были подключены к сети Свердловэнерго. На проектный уровень мощности блок был выведен 18 декабря 1981 г. По важнейшим эксплуатационным показателям, таким как коэффициент использования установленной мощности, число незапланированных остановов реактора его аварийной защитой, выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду, объем твердых радиоактивных отходов, облучаемость персонала, блок числится в последние годы среди лучших в концерне «Росэнергоатом» и входит в число 50 % лучших блоков мира. Важно отметить, что Белоярская АЭС обеспечивает более низкую цену за электроэнергию, чем остальные энергопроизводители Урала.

Накапливаемый в связи с созданием БН-350 и БН-600 опыт стимулировал начало работ над следующим этапом развития реакторов на быстрых нейтронах. Представлялось логичным, во-первых, тиражировать блок БН-600, создав небольшую серию таких установок, и во-вторых, разработать блок большой мощности коммерческого назначения и для экономии ядерного топлива, для чего обе установки проектировать под использование смешанного уран-плутониевого топлива, а это, в свою очередь, выдвигало задачу создания производства в стране такого топлива. Первая идея в конце концов была реализована в виде проекта энергоблока с реактором БН-800.

В настоящее время это первый послечернобыльский проект энергоблоков нового поколения, который полностью и со значительными запасами удовлетворяет требованиям безопасности. Вместе с тем, как показали последние исследования, его экономические показатели очень близки к экономическим показателям энергоблоков с реакторами ВВЭР последних разработок. Это означает, что реакторы на быстрых нейтронах могут решать не только стратегическую задачу обеспечения ядерной энергетики топливом на очень длительный период, но становятся вполне конкурентным ее звеном.

С 1973 по 1991 г. в тех же организациях велась работа над проектом реактора БН-1600. В целях улучшения экономических показателей рассматривались повышение срока эксплуата-

ции АЭС до 60 лет, серийность, увеличение мощности АЭС, увеличение длительности кампании, усовершенствования компоновочных и инженерных решений, снижение напряженности твэлов, увеличение их диаметра и повышение выгорания топлива. С 1992 г. целенаправленные работы по БН-1600 прекратились, но отчасти они продолжались в рамках сотрудничества с Францией. В обоснование проектов БН-800 и БН-1600 в ФЭИ выполнен большой объем НИОКР и, в том числе, проведены подробные расчетные и экспериментальные работы на стенде БФС-2.

Таким образом, уже на стадии первых опытно-промышленных установок БН-350 и БН-600 были продемонстрированы не только реальность, но и сравнительно высокие показатели надежности, безопасности и приемлемые экономические показатели реакторов на быстрых нейтронах. В новых проектах БН-800 и БН-1600 акцент сделан на дальнейшее повышение показателей безопасности и экономичности, на освоение всех звеньев замкнутого топливного цикла.

Накопленный опыт позволяет уже в настоящее время переходить к двухкомпонентной ядерной энергетике, сбалансированной по потреблению плутония. В целом это одно из реальных, крупных достижений отрасли не только в масштабах страны. Об этом свидетельствует постоянный интерес к нашему опыту со стороны специалистов Франции, США, Великобритании, Германии, Японии, Индии, Китая, Южной Кореи.

Будучи уникальным в России институтом, комплексно решавшим проблему использования жидких металлов в качестве теплоносителей ядерных энергетических установок различного назначения, ФЭИ еще в начале 50-х годов заложил основы одного из направлений транспортной ядерной энергетике для подводных кораблей ВМФ с реакторами на промежуточных нейтронах, охлаждаемых свинцово-висмутовым теплоносителем. Пуском стенда 27 ВТ начинается еще одна сфера напряженной, наполненной крупными достижениями и неудачами бурной деятельности института по созданию уникальных реакторных установок подводного флота. Уже в декабре 1962 г. — феврале 1963 г. завершено строительство и проведены успешные испытания опытной атомной подводной лодки (АПЛ) проекта 645.

В 1964 и в 1965 гг. АПЛ «К-27» этого класса совершила два длительных похода протяженностью 50 и 60 суток. Во время первого похода АПЛ «К-27» вышла из Заполярья, дошла до экватора и обратно. Во время второго похода лодка скрытно проникла в Средиземное море и здесь в течение 36 суток вела наблюдение за американскими АПЛ, выявляла маршруты и районы их патрулирования, наблюдала за деятельностью ударных и противолодочных авианосцев. За два месяца успешного похода лодка преодолела под водой 15000 миль.

В октябре 1970 г. завершено строительство и начаты испытания опытного образца скоростной высокоманевренной АПЛ проекта 705. Реакторная установка для него разработана ОКБМ, ФЭИ и другими организациями. В течение 1978—1981 гг. при активном участии сотрудников ФЭИ сданы в эксплуатацию три АПЛ этого проекта. В конце 1977 г. начинаются испытания головного образца АПЛ 705-К. Реакторная установка этого проекта разработана ОКБ «Гидропресс», ФЭИ с участием других организаций. С 1977 по 1980 г. при участии ФЭИ сданы в эксплуатацию три АПЛ этого проекта. А в 1978 г. закончено сооружение наземного прототипа АПЛ проекта 705 в НИТИ, г. Сосновый Бор. Оба проекта потребовали всесторонней научной поддержки в решении проблем физики реактора, материаловедения, коррозии, технологии теплоносителя, биологической защиты активной зоны и, в первую очередь, твэлов.

В результате многолетней совместной работы ФЭИ, ОКБ «Гидропресс», ряда других институтов и КБ наша страна стала обладательницей уникальной реакторной технологии, обеспечившей самые высокие тактико-технические характеристики АПЛ. За скоростные качества АПЛ проекта 705-«альфа» (по классификации НАТО) занесена в книгу рекордов Гиннеса.

Накопленный опыт по реакторным установкам со свинцово-висмутовым теплоносителем, который не взаимодействует с водой и воздухом и имеет очень высокую температуру кипения, позволяет надеяться, что такие установки смогут найти применение в будущих кораблях надводного и подводного флота. В последние годы в институте проводятся исследования по возможности создания реакторных установок со свинцово-висмутовым теплоносителем, предназначенных для выработки электричества. В

частности, ОКБ «Гидропресс» совместно с ФЭИ была разработана блочно-модульная АТЭС «Ангстрем» для производства электрической и тепловой энергии.

Наиболее молодое направление работ института — исследования в области физики ядерно-возбуждаемой плазмы и лазеров с ядерной накачкой. Эти работы были инициированы ФЭИ в 1981 г. В 1987 г. в ФЭИ была сформулирована концепция лазерной системы с накачкой от импульсного реактора. Исследуется возможность применения такой системы в установках лазерно-термоядерного синтеза. В 1996 г. завершено сооружение демонстраци-

онного образца комплекса импульсного самогорящегося реактора БАРС-6 с внешним лазерным блоком и начаты исследования с его применением.

Интерес к уникальным научным исследованиям и их прикладным приложениям в настоящее время еще не погас. Возможные научно-технические задачи ближайшего будущего по-прежнему связываются с ядерной энергетикой, реакторами на быстрых нейтронах, реакторами типа ВВЭР, новыми исследованиями в области ядерно-возбуждаемой плазмы и комплексом прикладных исследований конверсионных направлений.

II. ПЕРВЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

База 10, Комбинат № 817, ПО «Маяк»

В.В. Брохович, А.К. Круглов, В.И. Фетисов

Перечисление изменяющихся названий действующего с 1948 г. на Южном Урале в Челябинске-40 Плутониевого комбината можно продолжить. Уже неоднократно в книгах и монографиях, а также в других изданиях было опубликовано, что кроме первых промышленного реактора и радиохимического завода, ввода в эксплуатацию которых был осуществлен во второй половине 1948 г., в I кв. 1949 г. был принят в эксплуатацию Первый химико-металлургический завод, на котором были изготовлены летом 1949 г. изделия из металлического плутония для первой ядерной бомбы. О чрезвычайности обстановки при строительстве Комбината можно судить из материалов докладной записки, подписанной в 1947 г. директором — заместителем начальника ПГУ Е.П. Славским и уполномоченным Совета Министров И.М. Ткаченко, которые требовали от руководства Спецкомитета, чтобы количество строителей и монтажников было увеличено дополнительно к работавшим 41 тыс. чел. еще на 15—18 тыс. чел. Требовали они и замены начальника строительства Я.Д. Раппопорта, и откомандирования на Комбинат минимум на 3 мес. заместителя Министра Внутренних дел В.В. Чернышева.

Усилия строителей, коллектива Плутониевого комбината, институтов и КБ, обеспечивших подготовку и пуск указанных (первых) предприятий, под руководством Специального комитета и Первого главного управления (ПГУ) при СМ СССР, позволили под научным руководством И.В. Курчатова конструкторам и ученым КБ-11 и соисполнителям из АН СССР вместе с работниками ПГУ и Спецкомитета обеспечить изготовление в 1949 г. ядерного заряда для первой бомбы.

Решение о строительстве на Южном Урале промышленного уранграфитового реактора для наработки плутония было принято рань-

ше, чем о строительстве опытного реактора Ф-1 в Лаборатории № 2. В конце 1945 г. (справка А.Н. Комаровского от 14 ноября 1945 г.) были рассмотрены три площадки строительства реактора и будущего Комбината:

- площадка в 4—6 км от верховья реки Уфы;
- площадка у оз. Чебаркуль, которую предлагал И.К. Кикоин;
- площадка у оз. Кызыл-Таш.

Первая площадка была отвергнута вследствие сложности охлаждения реактора, так как при сложном рельефе необходимо было создать специальное водохранилище. Вторая площадка находилась в 3 км от станции Кисегач, а в поселке Чебаркуль работал завод авиапоковок, поэтому она тоже была отвергнута.

Выбор площадки у озера Кызыл-Таш утвержден; постановлением Совнаркома СССР № 3150-952 от 21 декабря 1945 г. (приказ ПГУ от 26.12.45 г. № 032). В Челябинске-40 (около г. Кыштыма) силами Главпромстроя НКВД (начальник А.Н. Комаровский) с привлечением десятков других ведомств начали строить не только ядерный реактор, но и два других объекта: по радиохимическому выделению из облученного урана плутония, а затем и завод по получению из него деталей (полусфер) для первой ядерной бомбы. Строились и будущий город, и целый ряд вспомогательных объектов. Без преувеличения можно сказать, что строительство этого Плутониевого комбината было важнейшим для страны. Известно письмо М. Г. Первухина, А. П. Завенягина и Н.А. Борисова в адрес Л.П. Берии о том, что план капитального строительства на 1948 г. по Комбинату № 817 надо увеличить со 190 до 300 млн., в том числе на I полугодие 190 млн., а на 1949 г. Госпланом СССР предложено иметь план строительства по Комбинату № 817 на сумму 340 млн. руб.

Не только объемы капитального строитель-

ва подтверждали первоочередность строительства Плутониевого комбината. Председатель Спецкомитета Л.П. Берия лично посещал комбинат 4 раза. Работа начальников стройки, сначала Я.Д. Раппопорта, а затем М.М. Царевского, директоров Завода № 817 П.Т. Быстрова и Е.П. Славского, а с конца 1947 г. Б.Г. Музрукова, как и научного руководителя И.В. Курчатова, была под непрерывным личным контролем не только руководителей ПГУ (Б.Л. Ванников, М.Г. Первухин, А.П. Завенягин), но и руководства НКВД (С.Н. Круглов, В.В. Чернышев) и уполномоченного Совета Министров И.М. Ткаченко. Достаточно сказать, что первый заместитель министра внутренних дел В.В. Чернышев в течение 1947—1949 гг. практически постоянно жил (с семьей) в Челябинске-40 и был в составе Государственной комиссии, принимающей объекты Плутониевого комбината в эксплуатацию. Он также контролировал и обеспечивал работы другихстроек, заводов и объектов атомной промышленности, создаваемых в различных регионах Урала.*

Намечалось и строительство опытного ядерного реактора Ф-2 в районе Завода №40, на котором в отличие от Ф-1 (Лаборатория № 2) должна была осуществляться проверка других параметров, включая охлаждение урановых блоков водой. Здание реактора было построено. Строительство самого реактора не было осуществлено, так как было признано, что недостающие эксперименты можно провести на реакторе «А».

Создание сложнейших производств Комбината № 817, обеспечивших получение деталей из делящихся материалов для ядерного оружия, было осуществлено в 1948—1955 гг. В этот период на трех реакторных заводах комбината были, кроме первого уран-графитового промышленного реактора «А» (июнь 1948 г.), в кратчайшие сроки введены в эксплуатацию:

на Заводе № 24 — уран-графитовые реакторы «АВ-1» (апрель 1950 г.) и «АВ-2» (март 1951 г.);

на Заводе № 37 промышленный тяжеловодный реактор ОК-180 (октябрь 1951 г.), а впослед-

ствии тяжеловодный реактор ОК-190 (декабрь 1955 г.);

на Заводе № 156, кроме реактора «А», в ноябре 1951 г. был введен в эксплуатацию промышленно-исследовательский уран-графитовый реактор «АИ», а в октябре 1952 г. — реактор «АВ-3».

Хорошо известно, что научное руководство созданием реакторов осуществляла Лаборатория № 2 АН СССР (И.В. Курчатова), а тяжеловодных реакторов — Лаборатория № 3 АН СССР (академик А.И. Алиханов и член-корреспондент АН СССР В.В. Владимирский). Под их руководством тогда на ядерных реакторах Комбината № 817 не только нарабатывались указанные выше продукты для ядерного и термоядерного оружия, но и проводились различные физические и технологические эксперименты.

Аналогичные опытные работы проводились и на радиохимическом заводе под общим научным руководством РИАН (академик В.Г. Хлопин), и на заводе, выпускающем конечную продукцию, где многие работы проводились под научным руководством академика А.А. Бочвара (директором института НИИ-9 с 1945 по 1952 г. был В.Б. Шевченко, а с 1952 по 1984 г. — А.А. Бочвар).

В указанных институтах, в основном, проходили стажировку не только инженерно-технические работники первых промышленных ядерных реакторов, но и радиохимического и металлургического заводов.

Учитывая хронологию создания промышленных объектов — заводов Комбината № 817, отсчет которых начался с реактора «А», и то, что на его базе впоследствии был организован Завод № 156, начнем описание предприятий с этого завода и с первого в стране промышленного ядерного реактора.

ЗАВОД № 156

Этот крупнейший завод комбината был организован 1 июля 1954 г. В состав завода вошли уран-графитовые реакторы «А», «АИ», «АВ-3» и химический цех № 1, в котором выделяли тритий из облученных в реакторах «АИ» и «АВ-3» литиевых блоков.

Эксплуатация цеха № 1 началась с 30 октября 1952 г. Позднее в состав завода вошел цех

* Одновременно Главпромстроем на Среднем Урале (Постановление № 3150-962) строился Завод № 813 (директор А.И. Чурин), а на Северном Урале, начиная с 1948 г. строился завод № 814). На этих заводах должны были получать высокообогащенный уран-235 газодиффузионным и электромагнитным методами.

чальников смен И.В. Курчатов сделал следующую запись:

Эта запись легла в основу принципов эксплуатации всех промышленных реакторов Советского Союза — никогда не оставлять загруженный реактор без воды.

После отладки всех жизненно важных систем водоснабжения, контроля за расходом воды, влагосигнализации, температуры, защиты и прочих реактор был выведен на минимальную мощность, а 19 июня 1948 г. в 20 ч 00 мин уже на номинальную мощность. Об этом немедленно доложили Л.П. Берии и И.В. Сталину. Но уже 20 июня 1948 г. в 12 ч 50 мин реактор был аварийно остановлен. На пульте отсоса влаги появилась течь воды и активность по воздуху достигала 300 доз (замер производил В.И. Шевченко).

Три технологических канала (16-21, 17-21, 18-20), дававшие течь на пульт определения влаги (ПОВ), были разгружены. Однако в районе указанных ТК на влагосигнализации продолжалось появление воды из импульсных трубок. Лишь на 5-е сутки удалось обнаружить зависший ТК 17-20. 24 июня 1948 г. при попытке разгрузить ТК 17-20, относящийся к району каналов, дающих течь на ПОВ, канал не разгрузился ни поштучно, ни аварийно. Не удалось и пробить блоки.

25 июня 1948 г. при извлечении зависшего ТК 17-20 с блоками через верх, канал оборвался. Часть технологического канала и рабочих блоков остались в ячейке.

В ячейке 17-20 образовался первый тепловой «козел» вследствие недостатка охлаждающей воды, видимо, из-за недозакрытия клапана холостого хода при питании водой рабочего хода. Большая часть воды рабочего хода уходила через открытый клапан в коллектор холостого хода, имевший меньшее гидравлическое сопротивление, чем технологический канал с блоками. По расходомеру отмечено увеличение расхода воды.

Что такое «тепловой козел» в ячейке уран-графитового реактора? Причины образования «козла» никому не были известны. Как его разделять и извлекать, какие нужны инструменты и технология также не было известно. 26 июня 1948 г. из ячейки 17-20 удалось извлечь оплавленный верхний урановый блочек и осмотреть его. Составлено первое представление о «козле» как о спекшемся столбе урановых сер-

дечников с оплавленными оболочками и авиалево́й трубой, сплавленными с графитом ячейки с образованием твердых карбидов урана.

С 26 по 30 июня 1948 г. по распоряжению И.В. Курчатова вода на реактор была полностью перекрыта, откачана вода из транспортной вахты и из бункера. В бункере возведены леса и приняты многократные попытки выдавать блоки снизу из-под кассет с помощью домкратов. Работы по проталкиванию снизу вверх в ТО 17-20 производились бригадой механиков под руководством В.П. Григорьева. Однако протолкнуть блоки вверх или добиться какой-либо подвижки блоков не удалось. Пришлось полностью отказаться от методики проталкивания блоков снизу.

28 июня 1948 г. впервые была начата фрезеровка рабочих блоков в реакторе. За 2 нед фрезеровки ячейки 17-20 было извлечено 13 рабочих блоков и обрывок технологической трубы. Реактор стоял, плутоний не нарабатывался. Решили поднять мощность реактора и выплавить «козла», чтобы уран расплавился и вытек вниз по ячейке из активной зоны реактора — не получилось. Что же делать? Неизвестно было самое главное — может ли реактор с «козлом» и при каких условиях работать на мощности, не вызовет ли это загорание графитовой кладки реактора.

В этих чрезвычайно сложных условиях И.В. Курчатов принимает исключительно рискованное, но единственно возможное решение: с 12 июля 1948 г. реактору «А» работать на номинальной мощности с «козловой» ячейкой 17-20 без ее охлаждения.

Мощность была поднята до 100% ступенями в течение 2 нед. Плутоний начал нарабатываться. На мощности продолжалась рассверловка ячейки 17-20. Загорания графитовой кладки не было, но была большая активность воздушных выбросов.

На первых порах эксплуатации реактора встретились с такой неожиданностью — неравномерным распуханием литых урановых блоков под облучением. Способа выявления распухших блоков в технологическом канале, кроме снижения расхода воды из-за распухания блоков и увеличения гидравлического сопротивления в ТК, не было. Поэтому технологические каналы, в которых шел процесс распухания блоков, выявлялись по систематическому снижению расхода воды через ТК.

Начальный период эксплуатации реактора «А» показал, что при всей уникальности проекта первого промышленного реактора, запроектированного на срок эксплуатации 3 года, а проработавшего 39 лет, вследствие отсутствия знаний о поведении материалов под воздействием нейтронного облучения были допущены конструктивные упущения, приведшие с самого первого подъема мощности реактора «А» к авариям. В первую очередь это создание коллектора холостого хода по воде и парового клапана на каждом технологическом канале — работа клапанов была ненадежной: недозакрытие клапана при переходе с холостого хода по воде на рабочий ход приводило к недостаточному расходу воды через ТК при работе реактора на водности. Не были запроектированы в центральном зале дистанционный, защищенный от облучения пульт крановика (при извлечении активных технологических каналов, инструмента и прочего), шахты с водой для помещения в них активных предметов, извлеченных из реактора.

К конструктивным недоработкам относился малый диаметр ячейки реактора и всего технологического тракта, сужающегося книзу. Системы массового контроля за целостностью технологических каналов, температурой воды на выходе из каналов имели общий недостаток: низкую коррозионную стойкость, засоряемость импульсных линий и недоступность ремонта.

Ликвидация «козлов» приводила к переоблучению персонала. В качестве примера отметим, что при ликвидации «козлов» в ячейках 17-20 и 28-18 бригада слесарей в течение 2 мес получила такие дозы облучения (в рентгенах): И.П. Фролов (мастер) — 26; В.С. Петров (слесарь) — 46; М.Н. Пичугин (слесарь) — 53; Л.И. Заходов (слесарь) — 108.

Постоянное наличие влаги в кладке реактора «А» вследствие неудачной конструкции вентиляции и влагосигнализации и попадание воды из «козловых» ячеек привели к электрохимической коррозии авиалевок труб и массовой течи технологических каналов. Из-за большого количества воды в графитовой кладке реактор дальше работать не мог.

В конце 1948 г. реактор «А» был остановлен на ремонт для замены технологических кана-

лов на каналы с 5-ребристыми анодированными трубами*.

На реакторе сложилась такая ситуация, что при его аварийной разгрузке плутония для бомбы не получили бы даже к концу 1949 г. В стране не было урана, чтобы повторно загрузить реактор свежими, не облученными, урановыми блоками. Кроме того, И.В. Курчатову тогда было очевидно, что получение обогащенного урана-235 для изготовления ядерной бомбы из другого вида ядерной взрывчатки задерживается на 2 года. Не были выдержаны и сроки создания тяжеловодного ядерного реактора, у которого исходная загрузка ураном в 10—15 раз ниже, чем в уран-графитовых реакторах. Известно было и наличие агрессивных планов США о нападении на СССР с применением ядерных бомб. К 1949 г. в США уже было проведено шесть испытаний, а наработано ими плутония и урана-235 достаточно для проведения в 1951 г. еще 16-ти испытаний ядерного оружия. Самих же ядерных бомб в США было много больше. Все это было известно не только Л.П. Берии, но и Б.Л. Ванникову и И.В. Курчатову.

Пришлось принять вынужденное решение, противоречащее здравому смыслу и экологии — извлекать из ячеек реактора недостающее количество блоков присосками и цангами на бечевках вручную, помещать их в ведра с водой, выносить из здания, а потом, прокалив и осмотрев, загрузить годные блоки повторно в реактор. Извлекались свежезагруженные блоки, недолго работавшие в реакторе и имеющие активность до 65 мКи на блок. Облучение персонала было чрезмерно большим. Ответственными за проведение этих работ были назначены Е.П. Славский — главный инженер комбината; Н.Н. Архипов — директор объекта «А»; Д.С. Пинхасик — зам. главного инженера реактора.

Во время ППР 30 января 1949 г. в ОГП здания реактора произошло заклинивание кабеля с рабочей продукцией в шахте РБ, приведшее к приостановке перегрузки ТК и к облучению персонала.

Как видно из табл. I, в 1948—1953 гг. все 100% производственного персонала, обслуживающего реактор, получили дозы облучения более 15 бэр в год, а в 1949 г. у более 30% работающих на реакторах эти дозы составляли от 100 до 400 бэр.

Только после 1956 г. среднегодовая доза об-

* Для лучшей центровки урановых блоков и снижения гидравлического сопротивления тракта (вначале было 3 ребра).

Таблица 1. Доза облучения работников Первого промышленного реактора

Год	Средняя доза на одного работающего, бэр/год	Интервал средних доз за год бэр, у количества работающих, %		
		до 25 бэр	25—100	100—400
1948	19,6	84,1	11,1	4,8
1949	93,6	10,7	57,7	31,1*
1950	30,7	52,2	47,2	0,6
1951	18,1	74,9	25,1	—
1952	14,9	83,9	16,1	—
1953	19,6	79,3	18,4	2,3

* У 0,5 % работавших на реакторе среднегодовая доза облучения была более 400 бэр.

лучения у 98,7% производственного персонала, обслуживающего первый промышленный реактор, снизилась до 5 бэр. У отдельных работников при ликвидации аварийных ситуаций дозы облучения были выше 25 бэр.

Ответственность за режим эксплуатации реактора была исключительной. Это подтверждается тем, что первые начальники смен реактора «А» — фактически дежурные главные технологи, обеспечивающие проведение всех работ на реакторе и в центральном зале, были назначены лично И.В. Сталиным. Этими начальниками смен были Н.Н. Архипов, А.Д. Рыжов, А.И. Забелин, Л.А. Юровский и Д.С. Пинхасик.

30 июня 1948 г. в оперативном журнале ведения технологического процесса на пульте управления реактором (комната № 15) появилась такая рекомендация — поручение И.В. Курчатова:

«...аппарат без воды нельзя оставлять ни при каких условиях...».

Прошу директора завода ознакомить под расписку тех работников, от которых это зависит...».

Директором объекта «А» тогда работал С.М. Пьянков**. Кроме начальников смен, указанное поручение И.В. Курчатова было принято к исполнению заместителями начальников смен: Г.В. Кругликовым, Ф.Е. Логиновским, Н.А. Семеновым, С.Е. Якубовским, старшими инженерами управления реактором и другими специалистами различных служб реактора. На особую ответственность работы

старшего инженера управления указывает тот факт, что 30 мая 1948 г. начальник ПГУ Б.Л. Ванников сроком на 3 мес на эти должности назначил ведущих специалистов из головных институтов: Е.Н. Бабулевича — ст. научного сотрудника из Лаборатории № 2; И.Я. Емельянова — гл. инженера НИИХИМ-МАШ; П.Г. Добия — ведущего специалиста ЦЭМ, который затем был назначен начальником отделения автоматики объекта «А».

Старшими инженерами и их дублерами на реакторе тогда работали С.А. Адольф, Р.В. Егоров, Н.В. Звонов, Г.Н. Ушаков, В.И. Ардальонов, Д. П. Харитонов. Дежурными инженерами-электриками работали: Ф. Я. Овчинников, С.А. Аникин, Н.Я. Романов, Н.В. Шкаредный, А.В. Чесноков, а инженерами-механиками В. Д. Брянских, Б. С. Зверев, Г. М. Смирнов, П.М. Ткаченко. Среди дежурных инженеров КИПиА работал А.Г. Мешков, а инженером-механиком — Б.В. Горобец. Нет возможности перечислить всех работников реактора. Поэтому назовем лишь первых руководителей некоторых служб, которые вместе с эксплуатационным персоналом испытали все трудности получения на реакторе «А» необходимых для первой ядерной бомбы количеств плутония. Ими были:

главный механик — И.А. Садовников;
зам. главного механика — М. О. Константинов;
инженер по водоснабжению — М.И. Космачев;
главный электрик — П.В. Глазков;
зам. главного электрика — В.Д. Марков;
начальник службы дозиметрии — И.М. Розман;
начальник лаборатории службы «Д» — В.И. Шевченко;
главный приборист — А.Ф. Попов;
начальник отделения КИП — А.А. Неверов;
начальник отделения загрузки реактора — С.Н. Вьюшкин;
зам. начальника отделения готовой продукции — В.П. Поличейко;
начальник физической лаборатории реактора — Е.Е. Кулиш.

Большинство будущих руководителей других ядерных реакторов, строящихся в Челябинске-40, Томске-7, Красноярске-26, Обнинске (ФЭИ), в г. Шевченко и в НИИАР (г. Мелекесс), начинали свой путь на первом промышленном реакторе «А». Некоторые из реакторщиков Че-

** Директором был до 1949 г. Впоследствии с 1953 г. работал в НИИ-9 (ВНИИНМ) главным инженером института. До 1954 г. руководителем объекта «А» был Н.Н. Архипов.

лябинка-40 впоследствии работали на руководящих должностях в центральном аппарате Министерств Среднего машиностроения и энергетики СССР. Среди них можно выделить следующих: Л.А. Алехин, Л.М. Воронин, Б.В. Горобец, Н.И. Козлов, Г.В. Кругликов, А.К. Круглов, Е.Е. Кулиш, Е.В. Кулов, Ф.Е. Логиновский, А. Г. Мешков, Н. А. Николаев, Ф. Я. Овчинников, Н.А. Семенов и др.

Кроме наработки плутония в реакторе «А» с самого начала его эксплуатации нарабатывались и другие изотопы. При реакторе имелись лаборатория изотопов, которую возглавлял Е.Е. Кулиш, а также заготовительный цех, которым руководили Н.В. Ерошкин и М.И. Дроздова. В этом цехе тогда изготавливали блоки-мишени, в которых нарабатывался углерод-14. Сырьем было соединение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, в котором из азота получался углерод. Период полураспада углерода-14 около 5600 лет.

Практически сразу же по указанию И.В. Курчатова и руководства ПГУ в заготовительном цехе изготавливали из соединений, содержащих литий (Li_2SO_4), специальные прессованные брикеты и блок-мишени для наработки первых количеств трития. Эти опыты, проводимые с участием головных институтов, позволили в будущем в кратчайший срок создать специальные цеха для выделения трития и изготовления из него необходимой для термоядерного оружия продукции.

На реакторе «А» велась наработка и других изотопов, например, полония-210, который длительное время использовался вместе с бериллием как источник нейтронов в ядерных боеприпасах.

В дальнейшем благодаря целому ряду мероприятий работа реактора стала более устойчивой. Была заменена воздушная продувка графитовой кладки на азотную, что позволило увеличить допустимую температуру графита. Реконструкция водоснабжения, усиление верхней защиты реактора, внедрение более совершенной системы СУЗ, а также внедрение целого ряда предложений по улучшению распределения мощности по высоте и радиусу реактора позволили к концу семидесятых годов увеличить мощность реактора в 5,5 раза выше проектной.

На этом реакторе впервые в отечественной практике были открыты такие эффекты как

распухание и усадка графитовой кладки, а также распухание металлического урана.

Разработка целого ряда предложений сотрудниками завода и ЦЗЛ Комбината, учеными из московских институтов (НИИ-9, Лаборатории № 2, НИИ-графит и др.) позволила не только стабилизировать работу реактора, но и успешно его эксплуатировать до июня 1987 г. В настоящее время реактор «А» после полной разгрузки урана из реактора и частичного демонтажа водяных коммуникаций находится в режиме консервации.

РЕАКТОР «АИ» И ХИМИЧЕСКИЕ ЦЕХИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ

Вторым реактором, работавшим на Заводе № 156, был реактор «АИ». Решение о строительстве реактора было принято 18 августа 1950 г. Реактор был пущен в декабре 1951 г. и вначале предназначался для наработки трития. Позднее этот уран-графитовый реактор был модернизирован и его использовали как экспериментальный комплекс, на котором отрабатывали оригинальные сборки тепловыделяющих элементов, конструкционные материалы и вели наработку изотопов кобальта-60, полония-210 и др. Его эксплуатация прекращена. Научное руководство принадлежало Институту им. И.В. Курчатова и ИТЭФ, конструкторские разработки — НИКИЭТ (Н.А. Доллежал, В.В. Рылин). Первый директор реактора — Ф.Е. Логиновский, а главный инженер П.В. Глазков.

После проведения в 1956 г. капитального



Ф. Е. Логиновский
(1910—1980)



П. В. Глазков
(1906—1980)

ремонта* с заменой 44 графитовых колонн в 1960 и в 1961 гг. были смонтированы две петли КС-60 и РБМК. На петле КС-60, состоящей из двух каналов ДУ-45 и ДУ-100, было испытано около 20 тепловыделяющих сборок в подтверждение проекта реактора КС-150 с газовым охлаждением (CO_2), строившейся АЭС в Чехословакии. Было достигнуто выгорание топлива (естественный уран) более 50 тыс. МВт/сут на тонну. Эксплуатация петель КС-60 проводилась под научным руководством ИТЭФ и Харьковского Физико-технического института. Самое активное участие в работе принимали сотрудники ИТЭФ — В. А. Митрополевский, ХФТИ — А. С. Давиденко, эксплуатационники реактора «АИ» — В. И. Шевченко, П. В. Глазков. На этой петле были отработаны система КГО и система регенерации и очистки газа. Эксплуатация петли КС-60 продолжалась до 1975 г. За это время произошли две аварии — одна была связана с негерметичностью канала, вторая — с отрывом лопасти газодувки.

На петле РБМК в двух каналах испытывались сборки тепловыделяющих элементов будущих реакторов РБМК. Размеры реактора АИ не позволяли установить полномасштабные сборки. Поэтому было принято решение проводить испытания в половинных размерах по длине. Было испытано порядка 20борок в циркониевой оболочке с полной тепловой нагрузкой при обогащении урана-235 в твэлах 1,8—2,4%. Паросодержание в теплоносителе варьировалось (пароводяная смесь составляла до 60%). Работы проводились под научным руководством ИАЭ им. И. В. Курчатова (Е. П. Кунегин, В. И. Сергеев, Н. С. Богачев) и конструкторов из НИКИЭТ (И. Я. Емельянов, Ю. М. Булкин, Ю. М. Черкашов, К. И. Полушкин и др.). Научным руководителем реактора «АИ» был Е. Д. Воробьев.

В 1961 г. для увеличения наработки изотопов и проведения испытаний опытныхборок с твэлами различного назначения реактор «АИ» был переведен на загрузку урановыми блоками с 10%-ным содержанием урана-235. По предложению работников Комбината часть

стержней СУЗ перевели на загрузку литиевым поглотителем нейтронов. Режим работы реактора непрерывно совершенствовался. Обогащение урана в блоках было доведено до 90% (диоксид урана с алюминием), температура графита в кладке в 1965 г. достигала 800 °С.

При реакторе «АИ» создавалась 1-я очередь химцеха со специальными камерами для выделения трития. Первым начальником этого цеха был С. Ш. Ситдыков, а его заместителем А. С. Никифоров*. Руководителем установки № 3 этого цеха при реакторе «АИ» был В. Т. Сомов, который, как и А. С. Никифоров, был выведен с производства по получению металлического плутония (завод № 20 — бывший завод «В»). В дальнейшем В. Т. Сомов работал начальником цеха № 1. В последующие годы на Заводе № 156, кроме цеха № 1, создали цех № 2, в который перевели в 1961 г. работников цеха № 10 Б с Завода № 20 (цех А. И. Зебарева).

Руководителем цеха № 2 с 1962 по 1976 г. работал Юрий Александрович Горшков, который также был выведен с производства завода «В». В Лаборатории № 5 ЦЗЛ Комбината были созданы специальные группы (руководители В. С. Андреев и А. И. Ерофеев), которые вместе с работниками цехов № 1 и № 2, а также учеными НИИ-9 (А. Н. Вольский, К. А. Большаков, К. Г. Ткач, В. Н. Веденский, Б. Д. Василенко и др.) совершенствовали технологию выделения трития.

Технология выделения ^3H из облученных блоков из лития разрабатывалась учеными из НИИ-9 и Института физических проблем АН СССР. При отработке технологии были аварии с человеческими жертвами. Среди погибших от работы на установках по выделению трития были молодые инженеры В. И. Барышев и И. И. Бардин. Досрочно ушли из жизни и другие работники объекта, а также некоторые сотрудники НИИ-9 — отдела З. В. Ершовой, обслуживающие опытные установки как на Комбинате, так и в лабораториях НИИ-9.

Реактор «АИ» обслуживался в основном персоналом, имевшим опыт работы, так как многие из них были переведены с реактора «А». Как проходили начальные процессы по подготовке получения трития и его соедине-

* Причиной ремонта была плохая стойкость блоков урана с 2%-ным обогащением, изготовленных в виде уран-магниевого керамики. Они не только разрушились, загрязняя оз. Кызыл-Таш, но и вывели из строя значительную часть графитовой кладки.

* Впоследствии А. С. Никифоров с 1977 г. работал заместителем директора, а с 1984 по 1991 г. директором ВНИИМ им. А. А. Бочвара.

ний в химических цехах Завода № 156 можно видеть из недавних публикаций З.В. Ершовой и К.Г. Ткача*.

Для создания термоядерного оружия необходимо было разрабатывать в НИИ-9 (ВНИИНМ), а реализовывать получение необходимых продуктов, содержащих тритий для термоядерного оружия — в специальных цехах Завода № 156. Научным руководителем работ был назначен заведующий кафедрой радиоактивных и рассеянных элементов Института тонкой и химической технологии проф. К.А. Большаков. Кроме НИИ-9 (директор В.Б. Шевченко), решение этой же проблемы в Институте физических проблем (директор А.П. Александров) было поручено члену-корреспонденту АН СССР А.С. Шальникову. По добыче лития, обогащению смеси изотопов лития литием-6 выполняли работы другие институты и предприятия Минсредмаша.

Нужно было разработать и освоить промышленный метод производства трития и его соединений.

Не перечисляя, какие работы велись в Свердловске-45, на Заводе № 250 в г. Новосибирске, укажем лишь, что для освоения технологии в химических цехах Завода № 156 нужно было учитывать, что кроме наработанного трития в технологическом процессе находится целый ряд других химических продуктов и все изотопы водорода (H, D, T, HD, HT, DT).

Технология извлечения трития разрабатывалась в двух направлениях. Одно из них предусматривало извлечение трития из технологических каналов, загруженных литийсодержащей керамикой, без вывода облученной нейтронами керамики из реактора (трубный метод). Указанная схема не была принята для наработки трития, как нетехнологичная.

Второе направление предусматривало разработку технологии и пуск в эксплуатацию цеха № 1 — производства наработки трития при реакторном облучении литиевых блоков. В полной технологической схеме, выданной институтом на проектирование цеха, предусматривались непрерывный поток тритированного газа до сбора его в газгольдере, из которого газ также непрерывным потоком поступал на питание смесью изотопов водорода в колонки по

разделению изотопов водорода, и выдача газа кондиционной чистоты и изотопного состава.

В НИИ-9 продолжались исследования по совершенствованию действующих технологий. В соответствии с представленной программой первоочередных исследований в институте шло формирование лабораторий и научного коллектива. По рекомендации И.В. Курчатова в числе приглашенных были: проф. Л.В. Липис, проф. М. М. Попов из МГУ, проф. Ф.Ф. Ланге, до 1952 г. возглавлявший Лабораторию № 4 при ПГУ, ряд ученых из группы немецких специалистов, работающих в НИИ-9. Разработкой теоретической модели разделения изотопов водорода методом противоточной диффузии с применением в качестве газоносителя паров воды занимался Б.В. Петров под руководством проф. Ф.Ф. Ланге. Построенная ими теоретическая модель явилась основой для разработки опытной конструкции колонки по разделению изотопов водорода. При ее испытании группе Б.В. Петрова удалось выделить богатую фракцию газа, содержащую 99,6% трития.

В 1952 г. закончилось проектирование химического цеха переработки облученных литиевых изделий по принятой схеме, проект был выполнен ГСПИ-12 (руководители Ф.З. Ширяев, А.Т. Житченко). К началу монтажа оборудования приехала бригада специалистов института, которая приступила к приемке оборудования: проверке герметичности, удалению поверхностной загрязненности оборудования химическими методами и термовакуумной обработкой. Цех был принят в эксплуатацию. В 1953 г. работникам реактора «АИ», химцеха и НИИ-9 была присуждена Государственная премия.

Радиационная опасность, возникающая при термообработке облученных блоков, содержащих кислородные соединения лития с появлением тритированных паров воды, настоятельно требовала замены химических соединений лития на сплавы или другие соединения. Первыми были исследованы карбид лития и сплавы лития с алюминием и свинцом, содержащие железо. Началась отработка конструкции облучательного блока с учетом новых технических требований к герметичности и надежности.

Применение технологии наработки трития в облученных сплавах лития, при термообработке которых выделяется тритий в виде газооб-

* ВНИИНМ 50 лет. Т 2. Сборник статей. М. 1995 г.

разного продукта, потребовало специального изучения диффузионной утечки трития через нагретые поверхности.

В результате исследований устойчивости новых материалов разработчики рекомендовали литий-алюминиевый сплав, который после реакторных испытаний и проверки технологии извлечения трития был принят к внедрению. В дальнейшем эти работы получили развитие в НИИ-9, а также на Заводе № 156 и в ЦЗД комбината. В 1982 г. работа была отмечена присуждением Государственной премии СССР.

РЕАКТОР «АВ-3»

После строительства на Заводе № 24 двух уран-графитовых реакторов «АВ-1» и «АВ-2» в октябре 1952 г. на площадке Завода № 156 был введен в эксплуатации реактор «АВ-3» конструктивно отличающийся от двух первых отсутствием глубокой шахты приема продукции и расположением ячеек контроля температуры графита в угловых стоках графитовых колонн. Этот реактор как и другие реакторы «АВ» строился для наработки плутония. Однако начальная работа реактора осуществлялась в режиме для наработки и плутония, и трития.

Для наработки трития часть каналов в центральной части активной зоны и каналов в двух последних радиусах реактора загружались блоками из лития. Тритий, нарабатанный в блоках лития, передавался в химический цех для его выделения и разделения изотопов водорода и гелия, а также для получения тритий-содержащих изделий.

Для обеспечения необходимого коэффициента размножения в реакторе для компенсации захвата нейтронов литием-6 урановые блоки в первых загрузках реактора содержали уран с 2%-ным обогащением ураном-235 и магниевую керамику. В отличие от урановых блоков из металлического урана естественного обогащения (0,714%-ный уран-235), в которых нарабатывался оружейный плутоний, блоки из урана 2%-ного обогащения находились в реакторе не 3—6 мес.*, а минимум в 2 раза больше, чтобы достичь заданного выгорания урана-235.

В дальнейшем для увеличения в реакторах

наработки трития и других полезных изотопов обогащение урана-235 в рабочих блоках, содержащих уран-алюминиевую керамику, сначала было увеличено до 21%, а затем и до 90%.

После пуска реактора в январе 1953 г. был сделан переход продувки кладки с воздуха на азот. Как оказалось, радиационная стойкость обогащенных твэлов БК-37 оставляла желать много лучшего, уже с января 1953 г. начались их «зависания», что сильно осложнило эксплуатацию. Причина была в отслаивании оболочки твэлов от сердечника, твэл терял герметичность, сердечник постоянно вымывался, загрязняя конструкции реактора, тракты сброса воды, ЦЗ, шахты и бассейны ОГП. Недостаток твэлов вынуждал перекомплектовывать «зависшие» каналы, выбирая из них твэлы, годные для дальнейшего использования, что приводило к повышенному облучению персонала*.

В декабре 1953 г. появилась течь каналов с обогащенным ураном, которая быстро прогрессировала. Тогда же произошло ЧП — обрыв цепи с заклиниванием кабеля с рабочей продукцией в шахте на уровне пола ЦЗ. Пришлось сильно активные твэлы вручную перекидывать из кабеля в шахту.

В связи с полной переориентацией на ядерное оружие реактор «АВ-3» был переведен в режим наработки плутония. И с лета 1954 г. реактор был переведен в этот режим. Этот период характеризуется массовой течью каналов (1955—1957 гг.), большим количеством останков — до 140 в месяц, и «зависаниями» твэлов. При выяснении причин течи каналов появилось предложение — восстановить РН воды до 6,5 которое кардинально изменило ситуацию в лучшую сторону. В это время началось исследование формоизменения графитовой кладки под руководством сотрудника Лаборатории № 5 ЦЗЛ В.И. Клименкова. Было обнаружено, что в начальный период работы, когда графит имел сравнительно невысокую температуру (менее 350 °С), шло распухание графита, особенно в «холодных» районах. При повышении температуры распухание уменьшалось, и этот факт был использован на практике — в периферии устанавливались обточенные графитовые втулки.

* С увеличением мощности реактора сроки облучения (при одинаковом накоплении плутония в уране) сокращались.

* Уран-магниевая керамика, предложенная Лабораторией № 2, привела к сильному загрязнению бассейнов выдержки, сливных коммуникаций и оз. Кызыл-Таш.

При достижении температуры 500 °С отмечен противоположный эффект — усадка графита, которая приводила к зажиму канала втулками и затрудняла замену каналов и втулок. В результате появлялось большое количество дефектов ячеек, забитых обломками втулок.

В реакторе отработывался режим работы петли ПАВ-ЯЭС с четырьмя каналами с твэлами из природного урана для двухцелевых реакторов типа ЭИ и АДЭ (Сибирская АЭС).

Позднее персонал реактора неожиданно столкнулся с необычным явлением — температура графита по высоте активной зоны начала колебаться с периодом около 32 ч, причем в максимуме она намного превышала допустимое значение и достигала 800 °С. Перегрев грозил потерей прочности элементов конструкции вверху и внизу активной зоны, поэтому нужно было срочно найти объяснение и принять меры по исключению этих колебаний. Хотя научным руководителем реактора оставался Институт атомной энергии, природу явления удалось установить физику из лаборатории № 5 ЦЗЛ Ю.И. Корчемкину — это были так называемые ксеноновые колебания мощности по высоте зоны. Для подавления колебаний необходимо было повысить устойчивость системы, что было связано с неизбежным снижением мощности реактора. Был найден выход — управлять колебаниями, не допуская их развития, для чего были разработаны привода стержней СУЗ, вводимых снизу активной зоны, и метод контроля распределения мощности по высоте с помощью многозонных термонейтронных датчиков. Эти меры позволили не только сохранить достигнутый уровень мощности, но и повысить его.

В капитальный ремонт 1962 г. была подключена газоочистка с газгольдерами, позволившая существенно снизить газовые радиоактивные выбросы в трубу за счет выдержки газов в течение нескольких часов. На приводах БА-59 создана принципиально новая схема СУЗ с разбивкой на подгруппы взвода.

В последующие годы реактор работал на предельных параметрах. Обеспечение каналов необходимым расходом воды обязано постановкой «бутылочных» труб, предложенных Б.В. Броховичем, П.В. Глазковым, Ф.Я. Овчинниковым, П.Г. Аверьяновым. Высокая (700—750 °С) температура графита не представ-

ляла опасности в условиях нулевой влажности и хорошей кондиции азота в кладке (99,99%). Измерение ячеек в КТР свидетельствовало о продолжавшейся усадке графита, поэтому начиная с 1963 г. было решено калибровать все рабочие ячейки. Для этого были разработаны и изготовлены конусные винтовые протяжки с отсосом, обеспечивающие наименьшие повреждения кирпичей при протяжке инструментом и улавливание графитовой пыли во избежание загрязнений помещений реактора.

В КТР 1964 г. была смонтирована и сдана в эксплуатацию система контроля целостности каналов (КЦТК), показавшая надежность в поисках текущих каналов.

К этому времени было обнаружено начавшееся разрушение труб нижней части технологического тракта (водосброса). Кроме того, система контроля температуры слива из каналов, т. е. система контроля за распределением мощности по реактору, пришла практически в негодность.

В 1966 г. отмечается рост радиоактивных выбросов вследствие потери герметичности твэлов. Причина — разрушение алюминиевой оболочки в результате эрозионно-коррозионных размывов. С этой проблемой помучились целых 3 года, пока нашли выход в увеличении толщины оболочки и изменении состава примесей в ней.

В КТР 1969 г. основное внимание уделялось устранению дефектов водосбросов, которые сильно осложняли нормальную эксплуатацию — расход воды в отдельных каналах мог самопроизвольно резко снизиться, вызвав запаривание, что грозило серьезной аварией. Ремонт водосбросов давал лишь кратковременный эффект. Требовалось кардинальное решение как в вопросе с водосбросами, так и с системой контроля температуры слива из каналов, причем срочное и безотлагательное. Решение предложили Б.В. Брохович, М.Ф. Синицын, В.И. Каракулев, Б.С. Егоров и другие — заменить трубы водосбросов на трубы с отверстиями для слива воды, предварительно вмонтировав в эти трубы кабельные термопары. Решение оказалось настолько удачным, что до конца эксплуатации реактора описанных проблем больше не возникало.

Но аппарат постепенно старел и нуждался в постоянных профилактических осмотрах и ре-

монтаж. Поэтому работ на КПР хватало с избытком. Это ремонт тоннелей метро, гидроприводов разгрузочных кассет, пуклевка переходников для закрепления верхнего настила кровли, ремонт дефектных ячеек углеграфитовой пастой и др. Средний уровень мощности превышал проектный почти в 5 раз. Это был период стабильной работы, когда количество остановок составляло 2—3 в месяц, надежно работали системы контроля, управления и обеспечения реактора. В этом есть и заслуга рационализаторов. Так, по предложению Ю.А. Блинова был внедрен пленочный режим охлаждения каналов со стержнями СУЗ, который стабилизировал гидравлику в этих каналах и убрал пульсации воды, сильно мешавшие управлению реактором. По предложению Ю.В. Клабукова и других зам. начальников смен была разработана и внедрена схема управления реактором большим количеством частично погруженных стержней, обеспечивающая устойчивое равномерное распределение мощности.

Производительность реактора достигла максимума, какой вообще был возможен на графитовом реакторе типа «АВ». Потери нейтронов были минимизированы до предела. Все стержни СУЗ были только с полезным поглотителем, которым также заполняли верхний и боковой отражатели. Полностью обеспечена аварийная защита реактора на любой случай. Обеспечению ядерной безопасности придавалось первостепенное значение, в чем большая заслуга А.С. Калмыкова. По его инициативе и при непосредственном участии были проверены наиболее важные эффекты реактивности, определены параметры в наиболее опасном состоянии реактора, обоснованы безопасные нормы хранения отработавшего ядерного топлива. Большую помощь в освоении и совершенствовании режима работы реактора оказал отдел будущего РНЦ «Курчатовский институт», возглавляемый Е.П. Кунегиним, и лаборатория № 5 ЦЗЛ (А.К. Круглов и др).

Эксплуатация реактора в 80-е годы сопровождалась необратимыми процессами в графите, ставшими причиной остановки реактора. Усадка графита, имевшая место в 60-х и 70-х годах, к началу 80-х стабилизировалась, и затем начался обратный процесс «вторичного распухания». Это явление уже было известно науке, как необратимый процесс, скорость ко-

торого определяется температурой кладки. Последняя же была на высоком уровне (до 850 °С). В результате вторичного распухания стали расти кривизна колонн, трескаться кирпичи, рваться стягивающие кладку бандажи.

Конечно, персонал принимал все меры по поддержанию реактора в работоспособном состоянии и предотвращению аварийных ситуаций. Были спроектированы, изготовлены и установлены специальные каналы-натяжители в два крайних радиуса загрузки. Введен непрерывный контроль за изменением кривизны на работающем реакторе и задействована аварийная защита на случай резкого скачка кривизны колонн. Однако, после того как прослабли в результате обрыва центральные бандажи, развал кладки становился все более и более реальным. Опасность при дальнейшей эксплуатации была очень велика, поэтому было принято решение остановить реактор и вывести его из эксплуатации, что и было сделано в ноябре 1990 г.

Перечислить всех сотрудников с Завода № 156, обеспечивающих длительное время работу реакторов «А», «АИ», «АВ-3» и химических цехов № 1 и № 2, нет возможности. Однако, кроме указанных в тексте работников, следует назвать первого директора реактора «АВ-3» В.Т. Муравьева, который был впоследствии директором ЛАЭС. Т.П. Николаев и Л.И. Голубев после работы на «АВ-3» работали на других реакторах Сибирской АЭС, и много лет Т.П. Николаев был главным инженером Курской АЭС, а Л.И. Голубев — научным руководителем НВАЭС.

Нельзя не отметить добросовестный, самоотверженный труд следующих работников Завода № 156, работавших на реакторах «А», «АИ», «АВ-3» и в управлении завода: Н.А. Аникина, П.Г. Аверьянов, А.А. Алексеев, Э.Г. Апенев, В.И. Вашарымов, Б.М. Долишнюк, Б.Г. Дубовский, Б.С. Егоров, И.Ф. Жержерун, И.Н. Жуланов, А.И. Иванов, Е.В. Кулов, М.Г. Киреев, Р.В. Ксентицкий, В.У. Кулганатов, Л.П. Куваев, В.С. Крутиков, Г.М. Лопух, В.Н. Лаптев, А.С. Ляпунова, Е.И. Левин, А.П. Лежнев, Р.Ф. Лебедева, В.А. Любимов, В.В. Макаров, Т.А. Марусина, В.П. Матвеев, Л.Е. Михеева, М.П. Никифоров, Н.М. Наумкина, Н.М. Никитина, А.А. Неверов, Г.Б. Померанцев, Р.П. Полетаев, И.Ф. Петраков, Р.В. Поляков, Н.Г. Петров, Ю.С. Поздняков,

А.А. Рудковский, В.И. Рябов, А.Е. Спиринов, Г.М. Смирнов, В.И. Скачков, М.Т. Сеницын, В.И. Страканов, А.С. Скуднов, В.Ф. Туманов, М.К. Фадеев, Н.Н. Фруман, П.В. Шулупов, В.Г. Шорин, Л.А. Алехин;

в химических цехах № 1 и № 2 В.П. Адамова, С.Я. Афанасьев, В.С. Андреев, Ю.П. Бурлаков, Г.А. Бояринов, Т.М. Белогурова, Ю.А. Горшков, А.Н. Бурчик, М. Валимухаметова, В.И. Волошин, В.И. Вздоров, Ю.А. Грязин, М.И. Дроздова, А.И. Ерофеев, А.А. Ершов, Е.А. Зорин, В.Н. Зубов, Л.М. Иванцова, В.И. Канальин, В.А. Кравченко, А.Х. Кондратьев, П.И. Колыванов, А.И. Лукьянов, А.П. Лемехова, М.А. Левченков, И.И. Палехов, А.Н. Писарев, Г.М. Петров, А.И. Павленко, В.А. Половников, В.С. Пастухов, В.М. Скосырев, К.А. Смирнов, А.И. Смирнов, Ю.И. Степанов, Ю.С. Сеницын, Ю.Г. Сизов, Л.Я. Соловьева, Б.В. Тюшин, В.М. Черенков, В.Т. Юсов;

в ремонтных службах: В.В. Дорохин, А.Д. Инкин, В.М. Кичатов, Е.Ф. Кузина, М.И. Ковалев, В.И. Каракулев, В.С. Малькевич, А.М. Спицын, М.Ф. Сеницын, И.А. Ярхин, Б.А. Червонцев, А.И. Шевченко, а также многих других инженеров, техников и рабочих различных специальностей, которые были участниками создания нашей промышленности.

Завод в своем становлении прошел четыре периода.

1. Строительство радиохимического Завода «Б» и пуск его в декабре 1948 г. для получения плутония для первой ядерной бомбы, его совершенствование до 1967 г. Директорами Завода «Б» были: П.И. Точеный, Б.В. Громов, М.А. Демьянович, А.Ф. Пашенко, Г.В. Митрофанов; главными инженерами — Б.В. Громов, А.А. Пасевский, М.В. Гладышев, А.Ф. Пашенко, М.И. Ермолаев, Г.В. Митрофанов, Г.П. Першин, В.П. Павлов.

2. Строительство, пуск в эксплуатацию (1952—1959—1971 гг.) и дальнейшее совершенствование Завода «ДБ» — дублера Завода «Б», вызванное быстрым развитием реакторного производства, требующего в 5 раз увеличить производительность Завода «Б», и невозможностью при существующих компоновках создать нормальные условия труда персонала. Директора завода А.Ф. Пашенко, В.П. Балановский, М.В. Гладышев; главные инженеры —

М.В. Гладышев, Е.И. Микерин, В.П. Балановский, Р.Ф. Кулаков.

3. Реконструкция Завода «Б» и создание на его основе завода «РТ» (1967—1971 гг.). Директор завода — Г.В. Митрофанов, главный инженер — В.Г. Павлов.

4. Объединение Заводов «Б» и «ДБ» в одно структурное подразделение 1 октября 1971 г. в Завод № 235. Многие его называют завод «РТ-1». Директора завода — М.В. Гладышев, В.К. Сажнов; главные инженеры — В.П. Павлов, Е.Г. Дзекун. Работающий с 1976 г. радиохимический Завод «РТ-1» (Завод № 235) — один из первых в мире заводов по переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с АЭС России, а также Финляндии, ГДР, Болгарии, Венгрии, Словакии и переработке ОЯТ с реакторов атомного флота. Имеет мощности по переработке ОЯТ только с реакторов ВВЭР-440 до 400 т в год. Завод выпускает уран с содержанием урана-235 до 2,4% и закись-оксид урана с содержанием урана-235 от 17 до 75%, а также диоксид плутония высокофонового (энергетического).

Регенерированный на заводе уран использовали в замкнутом топливном цикле, низкообогащенный — в качестве ядерного топлива в РБМК, высокообогащенный — в реакторах энергетических транспортных установок.

РАДИОХИМИЧЕСКИЕ ЗАВОДЫ

«Б», «ДБ» И «РТ-1»

Вторым промышленным объектом Плутониевого Комбината был Радиохимический завод «Б». Разрабатывал технологический процесс переработки урановых блоков Радиевый институт АН СССР (директора — академик В.Г. Хлопин и член-корреспондент Б.А. Никитин), а генеральным проектировщиком был Ленинградский проектный институт ГСПИ-11 (директор А.И. Гутов, главный инженер В.В. Смирнов).

Большой вклад в разработку технологии первого в стране и Европе радиохимического завода внесли также ученые НИИ-9 (директор В.Б. Шевченко), а также ИФХАН, НИИХИМАШ и многих других НИИ и КБ.

Для сравнения отметим, что во Франции имеется два завода по переработке оксидного топлива с производительностью 800 т в год каждого завода. На 1 сентября 1995 г. было пе-

переработано 5000 т ОЯТ, из них 2940 т с АЭС Франции.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА «Б»

Пущенный в эксплуатацию в конце 1948 г. Радиохимический завод «Б» непрерывно совершенствовался с участием организаций РИАН, ИФХАН, НИИ-9, ГСПИ-11 и многих других под руководством аппарата ПГУ и Министерства. Завод по своим компоновкам был неремонтоспособен. Ремонты, эксплуатация и реконструкция завода проводились с большим переоблучением персонала. Особенно опасным для здоровья персонала завода был период работы 1949—1954 гг. Медицинское обследование выявило около 1300 работников завода с профзаболеваниями разной степени тяжести, полученными, в основном, в 1949—1954 гг. Около 3000 человек из 11 тысяч, проработавших на заводе в этот период, получили суммарные дозы облучения более 100 бэр. В 1950—1951 гг., как видно из табл. 2, значительная часть работающих получала дозы облучения даже значительно больше.

Таблица 2. Дозы облучения на заводе «Б», % общего числа работающих

Год	Доза облучения, бэр				Средняя доза в год, бэр/чел.
	до 25	25—100	100—400	более 400	
1949	26,9	66,2	6,9	—	48,0
1950	21,5	42,0	36,0	0,5	94,0
1951	13,8	41,6	42,9	1,8	113,3
1952	21,8	57,0	21,2	—	66,0
1953	50,7	47,3	2,0	—	30,7
1954	70,8	29,1	0,1	—	20,0

Кроме переоблучения персонала, в первые годы эксплуатации завода произошло и максимальное загрязнение окружающей среды, в том числе бассейна р. Теча, которое произошло вследствие сорбции радионуклидов на донных отложениях. Это явление не учитывалось при принятии решения о сбросе слабоактивных отходов в р. Теча. Предполагалось, что радионуклиды будут разбавляться до безопасных концентраций в р. Исеть, Тобол, Иртыш, Обь.

Начиная с 1954 г. сбросы в р. Теча были практически прекращены в связи с тем, что для этих целей стали использовать оз. Карачай и Старое болото.



М.А. Демьянович
(1914 г.р.)
Директор завода
(1952—1957 гг.)



Б.В. Громов
(1909—1984)
С 1947 г. главный инженер, с 1952 г. — директор завода

Все это особенно запомнилось Б.В. Громову и М.А. Демьяновичу, директорам Завода «Б», внесшим максимальный вклад в освоение его технологии.

Большие дозы облучения приводили к тому, что работа эксплуатационного персонала была не постоянной. Приходилось многократно менять персонал. Основной причиной такого положения было отсутствие опыта проектирования и эксплуатации подобных предприятий. Все трубопроводы для передачи радиоактивных растворов, вентили на них, оборудование и датчики КИП были проложены, установлены в бетонных каналах, нишах, каньонах (помещениях), покрытых озокеритом, который при отсырени бетона слезал пленками. В случае их загрязнения радиоактивными веществами отмывка не предусматривалась. Все они закрывались чугунными или стальными плитами разной конфигурации, что проводило к трудоемким работам при ремонтах. В связи с тем, что применяемые в техпроцессах реагенты в большинстве случаев не фильтровались, посторонние включения попадали под клапана вентилях при их закрытии, вызывая поступление растворов не по назначению. Отсутствие уровнемеров во многих аппаратах осложняло технологом поиск пропавших растворов. Эксплуатация Завода «Б» с дистанционным управлением усложнялась из-за незнания многих свойств производственных растворов и их влияния на датчики приборов и низкого уровня в то время приборостроитель-

ной промышленности, особенно для нашей отрасли. Полученные РИАН экспериментальные данные для расчета количества операций по очистке от осколочных элементов в голове процесса (отделение 3) не подтвердились и привели к повышению уровня активности растворов в последующих отделениях по сравнению с ожидаемым уровнем по проекту.

Наиболее тяжелыми по условиям труда были узлы фильтрации осадков натрийуранилтриацетата в отделении 6 и фильтрация осадка фторида лантана в отделении 8, а также эксплуатация конечных отделении 8 и 12. В отделении 8 применялась сильно коррозионная фторидная технология получения плутония. В отделении 12 использовалась экстракционная технология получения плутония с применением взрывоопасного экстрагента эфира, который требовал остановки процесса при ремонтах для исключения взрыва.

Кроме указанных недостатков при пуске Завода «Б» не были решены вопросы сбросов растворов малой и средней активности.

Первым крупным совершенствованием технологического процесса в 1951 г. была замена фторидной технологии очистки плутония в отделении 8 на слабокоррозионную — ацетатную технологию. КБ завода выполнило проектно-конструкторскую документацию на переделку оборудования и перемонтаж отделения 7 под эту технологию. Это позволило остановить на реконструкцию отделение 8 и закрыть взрывоопасное отделение 12.

Исключительно большую помощь в нормальном ведении технологического процесса оказывал главный приборист завода, талантливый специалист С.Б. Цфасман. Им подано и внедрено с помощью ОКБ КИП комбината много технических предложений по контролю уровня растворов, расхода и других технологических параметров. Одновременно с совершенствованием технологи на заводе стали уделять внимание вопросам экологии. В 1949—1950 гг. контроля за газовыми выбросами в атмосферу не существовало. Технологическое оборудование имело простейшую систему очистки газовых выбросов. В аппаратах были установлены каплеотбойники и колпаки с кольцами Рашига для возвращения в процесс крупных аэрозолей. Только на растворителях блоков имелись конденсаторы, мультициклоны и иодные колонки для улавливания радиоактивного иода. Все тех-

нологические газовые выбросы направлялись в 150-метровую железобетонную трубу, также покрытую озокеритом, туда же без очистки направлялись вентиляционные выбросы. В 1951—1952 гг. были разделены выбросы вентсистем от технологических сдувок. Внутри трубы был смонтирован нержавеющий воздуховод диаметром 500 мм для технологических газовых выбросов. В 1952 г. начинают внедряться на сдувочных системах отделений мультициклоны, позволившие во много раз сократить выбросы радиоактивных веществ в атмосферу.

В 1952 г. монтируется труба «Вентури» на технологических газовых сдувках, в результате выбросы радиоактивных веществ в атмосферу снизились. Параллельно разрабатывались методики количественного определения радионуклидов, выбрасываемых в окружающую среду. С 1955 г. начал осуществляться постоянный контроль за выбросами. Наиболее плодотворно этим вопросом на заводе занимался В.И. Сеницын.

В 1952 г. освоена технология извлечения урана, плутония из сбросных растворов, в результате сократились потери урана и плутония. Внедрение в 1952—1953 гг. марганцево-ниобиевой очистки в новом отделении 15 (в котором растворы содержали 95 % ниобия-95 и циркония-95) позволило в десятки раз снизить активность растворов и облучаемого персонала, занятого на узлах фильтрации, комплектации осадка натрийуранилтриацетата, отправляемого потребителю. Разработка конструктором И.И. Вотяковым в 1953 г. фильтра с механической выгрузкой осадка и внедрение в 1950 г. центрифуги Афон-1200, разработанной московским НИИХИММАШ, создали более нормальные условия труда в отделении 6.

Завод «Б» вследствие своих компоновок оставался тяжелым в эксплуатации. Персонал переоблучался, а растущая потребность в выпуске плутония на том же оборудовании (оборудование по коэффициенту заполнения работало выше допустимых норм) усугубляла обстановку на заводе.

В конце 1952 г. правительство приняло решение о строительстве рядом с Заводом «Б» дублера — Завода «ДБ». На заводе создается группа специалистов по разработке новых компоновок радиохимического производства. Она предложила вместо отделений, имеющих большое количество мелких аппаратов, выполнить проект будущего завода в виде четырех самостоятель-

ных ниток, в которых каждая имеет законченный технологический процесс, из них три нитки работают, одна находится в ремонте. Оборудование этих ниток должно было быть ремонтоспособным с большой производительностью. Проект должен был предусматривать отмычки оборудования и помещений, дистанционную замену части оборудования, вентиляей, датчиков КИП, заварку свищей на трубопроводах во время ремонтов, вентиляцию, обеспечивающую нормальные условия труда персонала. Предложенные эксплуатацией компоновки завода вошли в основу выпущенного проекта на строительство завода «ДБ» и ему подобных заводов, спроектированных ГСПИ-11.

Завод «Б» продолжал совершенствоваться. В 1955 г. была освоена технология регенерации ацетата натрия из сбросных растворов. В результате резко снизилось потребление свежего реагента. Частый выход из строя вентиляей вследствие попадания между седлом и клапаном «слезок» от сварки и посторонних включений, находящихся в растворах, приводил к переоблучению механиков при замене вентиляей. В 1955 г. Г.И. Чечетин, М.В. Сопельняк, М.В. Гладышев предложили конструкцию вентиляей «БКС» с дистанционно, быстро заменяемой начинкой сильфонного вентиля вместе с седлом и клапаном, и по получении положительных результатов их испытаний вентиляи БКС начали широко внедряться на Заводе «Б».

Внедрение в 1958—1960 гг. кислорода в процесс растворения блоков резко снизило выбросы оксидов азота в атмосферу. До 1965 г. Завод «Б» совершенствовал ацетатную технологию. К этому времени в НИИ-9 появились разработки получения плутония экстракционной технологией на экстрагенте ТБФ с синтином и разработки опытной модели пульсационного экстрактора. Завод стал инициатором внедрения этой технологии для аффинажа плутония. Преимущество экстракционной технологии по сравнению с ацетатной заключалось в следующем: снижались расход реагентов и содержание солей в сбросных растворах, улучшалось качество выпускаемого плутония и урана, резко снижался выброс в атмосферу и сброс в открытые водоемы загрязняющих веществ.

В 1965 г. в здании 101 на комбинате была пущена первая экстракционная установка ЭУ-101. В 1966 г. пущена экстракционная установка 25-06 с последующим аммиачным оса-

ждением прокалкой, для глубокой очистки урана от примесей с выпуском закиси-оксида урана. В проектировании ее участвовали работники ПКО комбината Л.П. Сладкова, Е.М. Журавлев, В.П. Крутилин, Н.М. Бронникова, Б.М. Стихин, В.Т. Забой, от завода курировал эту установку И.В. Казаков. Внедрение экстракции потребовало разработки фильтров для фильтрации радиоактивных растворов, поступающих на экстракцию (они забивались образующимися медузами). КБ завода разработало фильтр «ФЭБ» с дистанционно заменяемыми фильтровальными патронами из ткани И.В. Соколова-Петрянова, по принципу начинки вентиляей БКС.

В совершенствовании технологии и оборудования завода «Б», кроме научно-исследовательских организаций и ЦЗЛ комбината активное участие принимали следующие работники завода: доктора технических наук А.П. Ратнер, Б.В. Громов, доктор химических наук М.И. Ермолаев, канд. техн. наук Н.Г. Чемарин, А.Ф. Пашенко, Г.Ф. Ивашев, кан. техн. наук М.А. Демьянович, канд. техн. наук Г.И. Чечетин, М.В. Гладышев, М.Е. Сопельняк, И.В. Готлиб, Г.В. Митрофанов, А.Е. Павлов, В.П. Павлов; доктор техн. наук Б.В. Никипелов, В.И. Основин, Д.Ф. Ильясов, Д.И. Володченко, В.И. Дорохин, В.С. Мозговой, В.Т. Белов, В.Д. Мельников, Е.С. Костарев, И.Д. Горбатюк, В.А. Попов, А.В. Кузьмичева, В.Г. Мулин, И.П. Вахрушев, И.А. Барков, А.Н. Пасевский, Н.А. Соколов, А.И. Аверьянова, а также многие другие инженерно-технические работники завода ЦЗЛ комбината.

СТРОИТЕЛЬСТВО И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАВОДА «ДБ»

В основу Завода «ДБ» была заложена технология Завода «Б», но для повышения очистки урана и плутония от радионуклидов были запроектированы повторные окислительные и восстановительные ацетатные осаждения. Проблема утилизации сбросных растворов низкой и средней активности на Заводе «ДБ» не была решена. Ввод в эксплуатацию новых и консервация старых хранилищ (банок) высокоактивных жидких отходов общей вместимостью 35 тыс. м³ способствовали резкому снижению жидких сбросов в водоемы-хранилища. Сброс активности с жидкими отходами в

оз. Карачай благодаря этому снизился в 10 раз, а по объему — в 5—7 раз.

В сентябре 1953 г. на заводе создается рабочая группа, которая принимает участие в вопросах проектирования и строительства завода, в нее вошли: А.Ф. Пашенко — руководитель группы, М. В. Гладышев — заместитель, И.Д. Горбатов, А.В. Кузьмичева, Б.М. Семов, И.П. Вахрушев, В.Г. Мулин, С.И. Свищев, П.Я. Гребениченко.

29 сентября 1957 г., когда работы по строительству завода шли полным ходом, произошел взрыв банки № 13 на комплексе С-3. Взорвалась высокоактивная смесь солей нитратов и ацетатов в результате полного испарения раствора вследствие прекращения принудительного охлаждения из-за выхода из строя систем охлаждения и контроля. Взрыв привел к загрязнению вновь строящегося Завода «ДБ» и большой территории Челябинской, Свердловской и Курганской областей.

Строительные работы были прерваны и возобновились только весной 1958 г. Коллективу завода вместе со строителями пришлось приложить много труда и здоровья, чтобы очистить загрязненные поверхности территорий, зданий. В сентябре 1959 г. состоялся пуск в эксплуатации северной нитки основного здания 802, а в октябре 1959 г. была получена первая продукция завода. Пуск завода производили начальники сменных смен А.М. Кириллов, М.И. Третьяков, В.М. Константинов, Е.М. Ихлов, Ю.Н. Лаврентьев. С момента пуска завода началось его совершенствование. Во-первых, вместо строительства четырех ниток по проекту, по предложению эксплуатации были внесены в проект дублера многие технологические достижения, полученные на Заводе «Б», что позволило обеспечить проектную производительность на двух нитках, а строительство двух других ниток прекратить. Сократилось число операций, реагентов и улучшились экономические показатели вследствие замены двух последовательных окислительных ацетатных осаждений на одно путем применения на первом ацетатном осаждении пероксида водорода и концентрированной уксусной кислоты, замены двух последовательных восстановительных ацетатных осаждений на одно, введением в процесс трилона Б, использования газообразного кислорода при растворении облученных урановых блоков. Последняя ра-

бота позволила ликвидировать «лисий хвост», в результате улучшилась экологическая обстановка в районе комбината.

В 1965 г. была внедрена сорбционная очистка плутония на конечных стадиях процесса, что обеспечило резкое улучшение качества плутония, выпускаемого заводом, и качество металлического плутония на дальнейших стадиях процесса. Внедрение прибора «Белена», измеряющего концентрацию плутония в растворах, обеспечило ядерную безопасность проведения, техпроцессов. Разработка осуществлялась под руководством профессора Э.М. Центера при активном участии Е.В. Чванкина и сотрудников Заводов «Б» и «В», а также сотрудников НИИ-9.

В 1972 г. пущена установка 35-71 для извлечения урана и плутония из концентрированных сбросных растворов методом их экстракции трибутилфосфатом в тяжелом разбавителе.

В 1976 г. на южной нитке здания 802 была закончена реконструкция в целях замены ацетатно-сорбционной технологии переработки облученного урана на экстракционно-сорбционную технологию с использованием экстрагента ТБФ и ГХБД. Внедрение этой технологии позволило резко снизить расход реагентов, повысить качество выпускаемых плутония и урана, примерно в 10 раз снизилось содержание солей в сбросных растворах, что способствовало утилизации отходов методом остекловывания. Резко снизился выброс радионуклидов в окружающую среду. В совершенствовании технологии завода «ДБ» и в разработке оборудования КИП активно участвовали работники завода: канд. техн. наук М.В. Гладышев, В.П. Балахновский, Е.И. Микерин, Р.Ф. Кулаков, В.М. Константинов, доктор техн. наук Торопов, В.М. Шидловский, В.Е. Родионов, В.Д. Мельников, Г.А. Лелюк, А.И. Иванов, Е.Г. Дзекун, Д.М. Фесик, А.И. Сапогов, И.В. Готлиб, Д.Ф. Ильясов, А.Н. Аликин, М.Ю. Думанов, В.П. Становнов, Л.Б. Сейц, В. П. Павлов, А. И. Козлов, Г. Н. Чемарин, В. Г. Сизов, Р. А. Дьяченко, А. П. Потехин, О.Г. Даренских и др.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДА «Б» И СОЗДАНИЕ НА ЕГО ОСНОВЕ ЗАВОДА «РТ-1»

В конце 1965 г. Завод «ДБ» по своей производительности и аналогичный завод в Томске стали обеспечивать в полном объеме выпуск

оружейного плутонии. В начале 1966 г. встал вопрос о закрытии Завода «Б» или перевода его на выпуск другой продукции. По этому вопросу были командированы на комбинат заместитель главного инженера 4-го Главка П.С. Чугреев и ГИП из ГСПИ-11 В.А. Курносов. На встрече с ними руководство завода заявило, что завод имеет квалифицированные кадры, осваивающие экстракционную технологию получения плутония, и надо им найти соответствующую работу. В.А. Курносов информировал о новостройках отрасли, в частности, он рассказал, что ГСПИ-11 уже несколько лет занимается проектированием первого в мире завода «РТ» для переработки отработавшего ядерного топлива АЭС и флота. Такой завод начали строить в Томске, где уже открыт котлован под строительство хранилища отработавших твэлов. В результате появилось предложение перенести строительство завода «РТ» на площадку Завода «Б», чтобы не строить все заново, а использовать существующее производство, подвергнув его реконструкции. Не потребуется строить жилье для персонала завода, так как персонал Завода «Б» его уже имеет.

Для сохранения персонала завода на время реконструкции нужно было, чтобы завод выпускал продукцию. Для этого предлагалось отдать под реконструкции среднюю часть здания 101 (делать реконструкции по частям). Головную часть здания, где шла растворение блоков и фильтрация раствора для экстракции, соединить трубопроводами с хвостовой частью здания, где располагались установки по экстракции и выпуску плутония и урана (проложив трубопроводы по минусовой отметке здания, не попадающей под реконструкцию). Об этом было доложено начальнику Главка Г.Д. Звереву и получено его согласие. Было поручено ГСПИ-11 составить ТЭО, доказать экономичность предлагаемого варианта. Для составления исходных данных для ТЭО Н.С. Чугреевым были приглашены на комбинат проектанты и научные работники НИИ-9 — авторы технологии РТ. Через 3 мес министру было представлено ТЭО на строительство завода РТ на базе Завода «Б», в ТЭО была обоснована целесообразность переноса завода «РТ» на Комбинат № 817, 25 августа 1966 г. вышло решение о размещении завода РТ на территории Завода «Б». В 1967 г. приступили к строительству здания 101а и реконструкции здания 101. Когда

строители узнали, что решено реконструировать здание 101, они написали своему руководству и министру, что такое загрязненное здание реконструировать нельзя.

По проекту реконструкции здания 101 требовалось в стенах и перекрытиях грязных каньонов пробить много проемов. ЛГС и эксплуатация вместо долбежки испытали метод получения проемов направленным взрывом с разрыхлением бетона. Для подавления радиационной пыли при взрыве одновременно со взрывом проемов взрывались прикрепленные к потолку полиэтиленовые мешки с водой. Чистый бетон, перемешанный во время взрыва с грязным и увлажненным, улучшал условия труда для транспортировки его в могильник. Было произведено несколько опытных взрывов и строители согласились выполнять реконструкцию завода.

Проектируемый завод РТ имел следующие основные переделы: в здании 101а — приемка специальных контейнеров с ОЯТ (отработавшее ядерное топливо в виде твэлов, перегрузка ОЯТ в бассейн с водой для хранения, отрезка холостых концов, рубка на куски требуемой величины, растворение нарубленных кусков и выдача азотнокислого раствора в здание 101 на дальнейшую переработку, выгрузка из растворителя нерастворимых осадков пневмовыбросом в тару и отправка их в спецмогильник в контейнере на автотранспорте. Таким же образом отправляли в могильник холостые концы. Была предусмотрена мойка транспорта и чехлов, освобожденных от твэлов.

В здании 101 была предусмотрена циклическая экстракционная схема переработки малообогащенного и высокообогащенного ОЯТ экстрагентом ТБФ с синтином (очистка растворов урана и плутония), аффинаж урана и плутония, прокалка с получением порошков закиси-окиси урана и диоксида плутония.

Здание 951 предназначалось для получения азотной кислоты из сбросных растворов, упарки-концентрирования высокоактивных сбросных растворов и растворов средней активности перед отправкой на хранение.

В здании 120/11,12 осуществлялось остекловывание высокоактивных отходов и их временное хранение (тары со стеклом) в специальных ячейках.

В феврале 1967 г. на Заводе «Б» создается группа реконструкции, куда вошли: И.В. Гот-

либ — руководитель группы, В.И. Захаров, В.А. Бельтюков, А.Б. Ястребов, В.И. Рожков, М.Ф. Харин, Ю.А. Теленков, Б.Н. Соболев. Вскоре начальником цеха здания 101а назначается Г.А. Лаптев, его заместителем — А.П. Паздников, ответственным за реконструкцию здания 101 — В.И. Основин. Разработку оборудования, КИП для завода РТ, финансирование научных опытно-конструкторских работ вело ЛГС через 4-е ГУ и НТУ Министерства. Работы велись около 10 лет, по нескольким вариантам, но окончательного варианта оборудования для завода РТ не было выбрано. Финансирование опытно-конструкторских работ и контроль за разработками и испытаниями передали группе реконструкции. Во всех вопросах разработки оборудования, его выборе непосредственное участие принимали главный механик В.И. Дорохин, главный приборист В.С. Мозговой, начальники цехов Г.А. Лаптев и В.И. Основин, при активном участии во всех вопросах реконструкции Завода «Б» зам. главного инженера Б.В. Никипелова. Все вопросы технологии завода РТ, проектирования, сроков строительства, конструирования нестандартного оборудования и КИП решались заместителем главного инженера Главка радиохимической секцией НТС Министерства Н.С. Чугреевым. Военно-промышленная комиссия при Совете Министров СССР требовала от МСМ ускорить строительство первой очереди здания 101а — бассейна для хранения отработавшего ядерного топлива, так как как военно-морскому флоту негде было его хранить. Поэтому в первую очередь строилось все, чтобы бассейн мог функционировать. Сроки строительства, проектирования здания. РТ зависели от окончательного выбора оборудования, сроков его разработки и изготовления. По некоторым видам оборудования было принято решение, чтобы разработчики оборудования изготовили его для монтажа на РТ. Значительная часть оборудования проектировалась в стране впервые и не имела аналогов в мировой практике. К его проектированию были привлечены многие конструкторские организации страны. Оборудование испытывали у разработчиков и на стенде Завода № 12 в Электростали. Персонал завода после ознакомления с разработками ВНИИНМ и результатами испытания на стенде произвел выбор оборудования для завода РТ. Так, раз-

делка сборок твэлов для растворения велась двумя способами: механическая рубка на куски и метод оплавления твэлов на гранулы. Был выбран метод механической рубки сборок твэлов разработки Института гидродинамики СО АН Новосибирска. Они изготовили и поставили на монтаж все агрегаты резки. Из растворителей был выбран растворитель РП-2200 Московского НИИХИММАШ с пневмоимпульсным выбросом нерастворимых оболочек из аппарата. Резку холостых концов приняли электро-искровым способом в ванне с водой. В разработке участвовали ЛГС, НИКИМТ и работники эксплуатации. Из двух вариантов пульсационных экстракторов, со ступенями в горизонтальном исполнении (разработка НИИ-9), был принят вариант пульсационных экстракторов Московского НИИХИММАШ, с вертикальным расположением ступеней, как вариант, занимающий меньше места при монтаже.

Не меньшее значение представляли КИП. На РТ внедрялись более совершенные приборы взрывобезопасного исполнения, а для контроля уровня — резонансно-следающие, повышенной точности УРЭС, УВМ разработки ОКБ комбината. Контроль расходов осуществлялся с помощью тепловых расходомеров РТВ, индукционных расходомеров РЭН, кориолисовых расходомеров, разработанных сотрудниками ОКБ предприятия. Приборы аналитического и дистанционного контроля типа ГАС, ГАМ, ГАСПАР были разработаны ОГП завода.

В настоящее время, широкое применение нашли микропроцессорные системы контроля и управления, как стандартные, так и собственных разработок. Сотрудники ОПТ завода разработали системы управления механизмами (манипуляторами) ОПИР-1,2,3.

В разработке оборудования, КИП и освоении его совместно с НИИ-9 разработчиками принимала непосредственное участие большая группа специалистов завода, в том числе Г.В. Митрофанов, М.В. Гладышев, В.П. Павлов, В.Д. Мельников, В.И. Основин, Г.А. Лаптев, И.В. Готлиб, В.И. Дорохин, В.Е. Родионов, А.П. Паздников, В.К. Сажнов, Г.И. Перминов, В.С. Брошевицкий, Е.П. Барышников, Л.А. Каплунов, А.К. Будков, В.П. Становнов, Н.М. Ремезов, Д.Ф. Ильясов, А.В. Холодков, А.И. Курочкин, В.А. Лысенков, Б.П. Егоров, Г.А. Гордеев, В.И. Максимов, М.Ю. Думанов,

Н.П. Яковенко, Б.М. Мясников, В.М. Третьяков, В.А. Киндеев, В.М. Волков, М.Ф. Харин и др.

В начале 1977 г. завод «Б» был полностью реконструирован для переработки ОТВС АЭС с реакторами ВВЭР-440, судовых и корабельных транспортных установок, а также ОТВС исследовательских реакторов. Завод выпускал диоксид плутония, регенерированный азотно-кислый уран для РБМК и нептуний.

Большое внимание на заводе уделяется вопросам удаления и ликвидации сбросов жидких радиоактивных отходов в водоемы: оз. Карачай (водоем 9) и «Старое болото» (водоем 17). Водоем 9 — естественное озеро закрытого типа площадью 27 га, используется с 28 октября 1951 г. в качестве хранилища жидких радиохимических отходов Заводов «Б», «ДБ», «РТ». К 1961 г. в нем накоплено 120 млн. Ки осколочных радионуклидов (в основном цезий-137, стронций-90, иттрий-90). В результате постоянных сбросов действующих заводов в 1961 г. площадь водоема достигла 51 га. С 1967 г. начаты работы по ликвидации водоема 9. Строительство дамб вокруг водоема к 1971 г. привело к сокращению поверхности водоема до 36 га. Попытки обычной засыпки водоема приводили к вытеснению со дна водоема радиоактивных илов. Только в 1985 г. был предложен вариант засыпки озера специальными полыми бетонными блоками, с последующей засыпкой по ним щебнем и грунтом. Получены положительные результаты. На конец 1995 г. осталась незасыпанной грунтом водная поверхность 13 га, содержащая активность 20 млн. Ки. Время эксплуатации водоема в результате естественного распада радионуклидов из первоначальная радиоактивность сократилась до 102 млн. Ки.

В 1987 г. пущен в эксплуатацию комплекс остекловывания жидких высокоактивных отходов на основе электроварки — получение фосфатного стекла, которое затаривается в специальную тару и становится на выдержку в специальные хранилища. К настоящему времени остекловано 10 тыс. 900 м³ жидких отходов, получено 2070 т стекломассы с активностью 244,5 млн. Ки. Во внедрении остекловывания от завода участвовали: С.Е. Степанов, В.А. Бельтюков, Е.Г. Дзекун, А.Ф. Еловсков, Г.В. Гомзин, Ю.Д. Архипов и многие другие. Начато строительство еще двух электропечей

ЭП-500/3,4 производительностью 500 л/ч по исходному раствору.

С 1992 г. начаты строительство комплекса битумирования сбросных растворов средней активности и реконструкция здания 951 для концентрирования — упаривания растворов средней активности, после их пуска прекратятся сбросы жидких отходов на Старое болото и на водоем 9.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВОГО ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Одна из основных задач Уранового проекта страны по созданию ядерного оружия — это получение высококачественного металлического плутония для изготовления ядерного заряда первой ядерной бомбы.

Пуск химико-металлургического Завода «В» явился завершающим этапом создания плутониевого комбината на Южном Урале. После ввода в эксплуатацию в 1948 г. первого промышленного ядерного реактора А, в котором накапливался плутоний, Завода «Б» по выделению накопленного плутония из облученных реакторных урановых блоков, в 1949 г. было пущено производство, положившее начало металлургической промышленности плутония.

Хронология становления завода по наработке плутония спектральной чистоты, получаемого до этого лишь в миллиграммовых количествах, и изготовления из него ядерного заряда для первой атомной бомбы удивительно кратка.

В начале 1947 г. государственная комиссия под руководством Министра Внутренних дел С.Н. Круглова, в которую входил И.В. Курчатов, выбирает площадку для размещения этого наиболее секретного завода, а уже в феврале 1949 г. завод начал производственную деятельность. Для выполнения не терпящего отлагательства задания правительства до завершения промышленного строительства основных производственных корпусов было принято решение реконструировать под опытно-промышленный комплекс расположенные на площадке завода помещения бывших военно-морских складов и мастерских. Вот основные этапы этого пути:

3 марта 1948 г. — создан опытно-промышленный комплекс.

Февраль 1949 г. — образованы цех № 9 (хи-

мико-металлургическое производство плутония), цех № 4 (литейно-механическое опытно-промышленное производство, на котором изготовлен первый ядерный заряд из плутония).

Апрель 1949 г. — образован цех № 10 (промышленное изготовление литейной оснастки).

Май 1949 г. — образован цех № 10а (приготовление компонентов шихты для восстановительных плавков).

Июль 1949 г. — образован цех № 1 (первое в стране промышленное химико-металлургическое производство металлического плутония).

Апрель 1950 г. — пуск в цехе № 1 производства высокообогащенного по изотопу уран-235 металлического урана — вторая очередь завода для изготовления ядерных зарядов из урана-235.

Август 1950 г. — образован цех № 11 (первое в стране промышленное литейно-механическое производство ядерных зарядов).

Пуск второй очереди теплотрассы, котельной-2, станций водоснабжения 1-го и 2-го подъема.

В чем же состояли основные технические сложности получения плутония для изготовления ядерного заряда? Ведь именно масштаб поставленной научно-технической проблемы, решение которой необходимо было обеспечить в исключительно сжатые сроки, во многом определил драматизм ситуации в создании ядерного оружия.

В технических требованиях к используемому в ядерном заряде плутонию, сформулированных научным руководителем атомного проекта И.В. Курчатовым и главным конструктором Ю.Б. Харитоновым, кроме определенной формы, массы и размеров деталей, были требования к изотопному составу и содержанию примесных элементов или, другими словами, чистоте металла. Это обусловлено требованиями протекания цепной реакции деления во взрывном процессе. С одной стороны, число так называемых фоновых нейтронов в ядерном заряде, то есть нейтронов, возникающих не в результате процесса деления плутония, должно быть ограничено. Нейтроны эти обусловлены как процессом спонтанного деления изотопов плутония, так и (α, n) -реакцией на легких примесных элементах. С другой стороны, в материале плутония должно быть очень ограниченное содержание элементов, ядра которых имеют

большие сечения поглощения нейтронов, возникающих в результате деления плутония,

Требования по содержанию таких элементов как бор, литий, бериллий, фтор находились на уровне 0,01—0,00001%, т. е. уровне, определяемом только наиболее чувствительным в то время спектральным методом анализа. Поэтому-то и вошло в оборот понятие, что плутоний должен быть очищен до спектральной чистоты. Если принять во внимание, что такой уровень чистоты материалов для химической промышленности в целом был в то время недостижим, становится ясным, какая сложная задача стояла перед технологами-радиохимиками: выделить миллиграммовые количества плутония из огромной массы урана и продуктов его деления, испускающих опасное для человека нейтронное и γ -излучение. Коварное же α -излучение плутония в то время не считалось особенно опасным из-за его слабой проникающей способности, что стоило многим первопроходцам потери здоровья, а в скором времени после завершения первого этапа работы и жизни.

Для решения данной проблемы в 1947 г. в НИИ-9 был создан специальный отдел под руководством академика А.А. Бочвара, в последующем научного руководителя строящегося Завода «В».

В отдел вошли три лаборатории:

радиохимическая под руководством академика И.И. Черняева, директора ИОНХ АН СССР;

металлургическая, в задачу которой входило получение металлического плутония, возглавляемая профессором А.Н. Вольским;

металловедения и металлообработки под руководством профессора А.С. Займовского.

Разработанные в лабораториях на микрограммовых количествах основные принципы технологических процессов аффинажа плутония и его металлургии легли в основу будущего производства.

Кадровый костяк технологического персонала завода формировался из ученых московских институтов — разработчиков технологии и из молодых специалистов, окончивших Воронежский, Горьковский университеты, Кинешемский техникум и другие учебные заведения с хорошо поставленным учебным процессом. Молодые специалисты направлялись сначала на стажировку в НИИ-9 в Москву, а затем уже на

производственную площадку Базы-10, как тогда назывался комбинат. Работая в институте под руководством ученых, приобретая навыки исследовательской, творческой работы, они с радостью, а может быть, и с облегчением узнавали, что придя на завод с такой незнакомой и пугающей спецификой, они по-прежнему будут опираться в этой новой работе на авторитет, знания, человеческую надежность людей, с которыми уже знакомы, в ум, знания и профессионализм которых уже успели поверить. Именно это отмечают в своих воспоминаниях и доктор химических наук Л.П. Сохина, и инженер Завода «В» Г.И. Румянцев.

Проводя проверку разработанных на импульсных (т. е. практически невесомых, а определяемых только регистрацией α -активности), количествах плутония технологических схем разделения урана и плутония, подтвердив полученные ранее результаты, они не только профессионально росли как специалисты-радиохимики, но и получили настоящие уроки человеческой скромности, простоты и доброжелательности. Видя самоотверженный труд ученых, принимая в нем непосредственное участие, сами они были готовы работать по две смены, лишь бы поскорее получить результаты.

ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО (ЦЕХ № 9), ЕГО ХИМИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Приказом от 3 марта 1948 г. на базе одноэтажных специально отремонтированных зданий барачного типа (здания 4, 8, 9) был организован опытно-промышленный комплекс Завода «В». Практически это была отдельная промышленная площадка, примыкающая к территории двух основных заводов комбината — реакторного (Завод «А») и радиохимического (Завод «Б»). Интересно привести некоторые характерные воспоминания первых работников завода, чтобы лучше представить себе, что же представляло из себя производство, в котором была проведена химическая очистка концентрата плутония, переданного с Завода «Б», проведено выделение металлического плутония в виде небольших слитков (корольков), освоены литейное производство металлического плутония, технология прессования металла, изготовления ядерного заряда требуемой геометрии.

Вспоминает Л.П. Сохина: «17 марта мы

впервые пошли на завод. Этот день мы ожидали с большим нетерпением. Интересно было узнать, что же представляет из себя производство, на котором работают с радиоактивными материалами. Каково же было наше удивление, когда нас привели к одноэтажному кирпичному зданию барачного типа».

Другой ветеран завода З.А. Исаева, в последующем начальник цеха № 1, вспоминает: «Вошли в здание, где размещено опытно-промышленное производство. Это был обыкновенный барак, разделенный на семь помещений. В каждом помещении установлено по одному вытяжному деревянному шкафу на два-четыре рабочих места».

Да, из песни слова не выкинешь: отработка технологии аффинажа плутония на реальных плутониевых продуктах и наработка первого в стране товарного металлического плутония были проведены фактически в неприспособленных лабораторных условиях. Промышленный цех был введен в эксплуатацию только в августе 1949 г. уже после проведенного испытания атомной бомбы.

«26 февраля 1949 г. в первом часу ночи, — вспоминает З.А. Исаева, — конечный продукт Завода «Б» привезли на переработку в химическое отделение здания 9. Первую партию принимали начальник цеха Я.А. Филиппцев, начальник химического отделения И.П. Мартынов в присутствии Б.Г. Музрукова, Г.В. Мищенко, И.И. Черняева. Груз сопровождали офицеры охраны, как только привезли раствор, у дверей цеха поставили дополнительную охрану, Борис Глебович собрал нас возле себя и сказал: «Ни одной капли раствора не должно быть потеряно, слишком дорога оказалась капля для государства!»

Раствор переливали в стаканы из платины, что позволило академику И.И. Черняеву назвать химическое отделение, а в последующем и весь период до пуска промышленного цеха очень символическим термином «стаканный период работы химического цеха».

Технология очистки плутония от радиоактивных и стабильных примесей шла трудно. Производственные партии плутониевого концентрата, поступающие с радиохимического Завода «Б», перерабатывались по пероксидно-оксалатно-карбонатной схеме А.Д. Гельман (ИОНХ) или по лантан-сульфатной схеме В.Д. Никольского (НИИ-9). По оксалатно-

карбонатной схеме хорошо шла очистка плутония до требуемой кондиции, но много плутония шло в отходы. Лантан-сульфатная схема не давала требуемой очистки плутония от редкоземельных элементов. Было принято решение вызвать на завод автора оксалатно-карбонатной технологии Анну Дмитриевну Гельман.

Л.П. Сохина вспоминает: «Ознакомившись на производстве с эффективностью пероксидно-оксалатно-карбонатной технологии при работе на весомых количествах плутония, Анна Дмитриевна попросила главного инженера Комбината Ефима Павловича Славского создать в цехе исследовательскую группу, поскольку стало ясно, что технологию надо серьезно дорабатывать. Вскоре такая группа была организована. В исследовательской группе на первых порах были только девушки — выпускницы Воронежского, Горьковского университетов — Л.Е. Быкова, Е.А. Смирнова, К.В. Смирнова, В.М. Дурнева, Л.П. Сохина, Ф.П. Кондрашова. Старшим инженером группы была назначена К.В. Смирнова, научным руководителем — доктор химических наук А.Д. Гельман.

После зачисления в исследовательскую группу мы получили разрешение входить в комнаты аффинажного отделения, в котором руководителем была Е.Д. Вандышева. Начальниками смен отделения были: М.Я. Трубочанинова, Ф.А. Захарова, З.А. Быстрова, А.С. Лукина, Н.А. Матюшина. Технологиами смен были Т.И. Николаева, Н.И. Скрябина, Л.П. Зенкович, Л.И. Турдазова, старшими инженерами — З.А. Исаева, Г.А. Оболонкова, А.Г. Шалыгина, Ф.П. Кондрашова, которую А.Д. Гельман часто привлекала к исследовательской работе.»

Перед исследовательской группой и другими сотрудниками ИОНХ и НИИ-9 была поставлена задача: в кратчайший срок выяснить причину низкого выхода плутония в конечный продукт аффинажного отделения — диоксид плутония.

Кроме воспоминаний ветеранов Завода «В», сейчас целесообразно привести материалы из докладной записки научного руководителя Комбината И.В. Курчатова и директора Б.Г. Музрукова о крайне низком выходе плутония на Заводах «Б» и «В»*. 24 апреля 1949 г. на имя заместителя председателя Спецкомите-

та, начальника ПГУ Б.Л. Ванникова они писали:

на заводе «Б» выход плутония — 57%;
на заводе «В» выход плутония — 48%;
на горячем прессовании — 95%.

Таким образом, чтобы получить на заводе «В» детали заряда из плутония массой 7—8 кг, необходимо было на реакторе «А» наработать более 20—30 кг плутония.

Поэтому не только исследовательские группы на заводах работали над проблемой сокращения потерь плутония.

Помимо полученных конкретных производственных результатов по стабилизации технологии аффинажа плутония, увеличения выхода плутония в диоксид, качество которого должно соответствовать всем предъявляемым требованиям, группой были получены интересные научные результаты по химии трансурановых элементов, которые уже позднее в 1950 г. были обобщены в объемном сборнике «Основы аффинажного процесса плутония».

Освоение технологии шло трудно, хотя на месте аппаратчиков работали инженеры, а иногда и ученые. Опыта работы не было, многого не знали. Неожиданности подстерегали технологов на каждом шагу. К сожалению, в цехе не обошлось и без печальных происшествий.

Приведем несколько эпизодов из воспоминаний Л.П. Сохиной и З.А. Исаевой.

При фильтровании первого оксалатного осадка разорвалась толстостенная колба Бунзена и осколки стекла поранили лицо техника Геннадия Александрова. Оксалат плутония попал в рану. Девушки, работавшие с ним, промыли ему рану водой над раковиной, получив нагоняй от начальника цеха за то, что не собрали кровь из промываемой раны в посуду и вместе с ней потеряли часть ценного продукта. Работа в цехе шла на пределе нервного напряжения как у ближайших руководителей, так и у руководства комбината. Частым непредсказуемым происшествием способствовало то, что поступающие на завод растворы плутония, как правило, были нестандартными по концентрации плутония, урана, примесным элементам.

Другой несчастный случай произошел в смену М.Я. Трубочаниновой при отработке технологии извлечения плутония из осадков. Причиной его также стало незнание того, что в осадках плутоний находился в пиррофорном состоянии.

* Описание № 6338, с. 171—181, за 1949 г.

По мере высыхания осадок при растирании искрил. В момент растирания комочков высохшего осадка технологом А.В. Елькиной произошел взрыв. Вытяжной шкаф загорелся, по всей комнате разлетелись частицы осадка. Стены и потолок были покрыты зеленым осадком. А.В. Елькина получила ожог рук, Я.А. Филиппеву осадок попал в глаз и его срочно отправили в Москву на лечение, где он пробыл более шести месяцев, да и потом неоднократно ложился в клинику на лечение.

Всем находившимся в комнате предложили выйти. Академик А.А. Бочвар и заместитель начальника цеха И.П. Мартынов надели противогазы, защитную одежду и убрали весь плутоний со стен, потолка, остатков вытяжного шкафа. Весь плутоний из обтирочного материала был извлечен. Следует отметить, что любой такой случай докладывался руководству предприятия и ПГУ. Причины происшедшего анализировались, делались выводы на будущее.

Несколько слов об условиях труда. Снова обратимся к воспоминаниям Л.П. Сохиной: «Первое впечатление от обстановки комнат, где проводился технологический процесс, было ужасным. Во всех комнатах химического отделения деревянные шкафы и лабораторные столы были без защиты от радиации, не в герметичном исполнении. Гамма-активность поступающих в цех партий доходила до 7 г-экв. Ra/100 г Pu. Персонал цеха по своему самочувствию без всяких приборов чувствовал, какой активности продукт поступал в цех. Поскольку в то время считали, что вредное воздействие на организм в основном оказывает γ -излучение, на первых технологических операциях аффинажа, где приходилось работать с радиоактивными растворами, были поставлены молодые ребята М.А. Баженов, Ю. Степанов, Э. Астафьев, Б. Сериков, В. Фролов, Г. Александров. На всех других операциях, в том числе и самых аэрозольных (сушка и прокатка оксалата), работали молодые девушки: Н. Симаненко, Ф. Сегаль (Колотинская), Ю. Ключкова, Л. Бурилина, К. Тихомирова, Т. Громова. На α -активность серьезного внимания не обращали, считали, что лист бумаги, кожные покровы полностью поглощают α -частицы. Головы девчонок зачастую оказывались в вытяжном шкафу для уточнения полноты осаждения осадков, каких-нибудь других технологических операций, или колба, стакан с

продуктом вынимались для этих целей из шкафа. Ученые в этом отношении мало отличались от основного технологического персонала. Чего здесь было больше: незнания или просто молодой безалаберности? Наверное, и того, и другого, но все-таки отсутствие в то время глубокого понимания воздействия излучения на организм было определяющим.

Содержание α -активных аэрозолей в воздухе рабочей зоны в 1949—1950 гг. составляло в среднем 550—800 допустимых норм, причем за допустимую норму тогда принималась ДКа=10(E-11) Ки/л воздуха, в то время как сегодня это значение по нормам НРБ-76/87 равно 10(E-16) Ки/л, т.е. в 1949 г. на рабочих местах ДКа превышала в десятки тысяч раз допустимые по НРБ-76/87 нормы.

Несмотря на сложности освоения технологии аффинажа, химиками было наработано достаточное количество диоксида плутония для металлургического передела, на котором необходимо было получить металлический плутоний.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Трудности, с которыми столкнулись металлурги, связаны прежде всего с недостаточной изученностью свойств металлического плутония. Достаточно подробно пишет об этом в книге «Как создавалась атомная промышленность в СССР» А.К. Круглов, бывший работник предприятия, начальник физической лаборатории ЦЗЛ, а в последующем начальник Научно-технического управления министерства.

До середины 1948 г. свойства металлического плутония, элемента, отсутствующего в природе, изучались лишь на микрограммовых количествах, выделенных на установке № 5 НИИ-9 из топливных сборок реактора Ф-1.

Оказалось, что чистый плутоний по своей структуре и свойствам сильно отличается от многих металлов. В интервале температур от комнатной до температуры плавления плутоний проходит через шесть аллотропических модификаций, а его плотность сильно меняется с температурой. При таких изменениях плотности получение однородного (без трещин) металла из его расплава практически невозможно: при охлаждении из расплава получается не слиток, как у большинства металлов, а порошок металлического плутония. В виде порошка и мелкой стружки плутоний пирофо-

рен при комнатной температуре и легко загорается на воздухе.

Наличие шести аллотропических модификаций ниже температуры плавления, значительные объемные изменения и высокая химическая активность делают очень сложной и технологию получения изделий из плутония. Из-за тугоплавкости и высокой реакционной способности плутония литевые формы для него можно было изготовить из редких и дорогих материалов, таких как тантал, вольфрам, оксиды и фториды кальция, оксиды магния и цезия. При литье необходимо было свести до минимума окисление плутония в процессе его плавления и разливки, что потребовало высокого надежного вакуума в технологическом оборудовании, включая плавильные печи. Не меньшие трудности связаны и с предотвращением растрескивания отливок из плутония в процессе их охлаждения. При отработке технологии обработки плутония давлением трудности возникали из-за того, что при низких температурах (α -фаза) плутоний вследствие высокой хрупкости плохо поддается деформации. Лишь при β -фазе (310—450 °С) плутоний становится пластичным и может подвергаться всем видам обработки давлением: прессованию, ковке, штамповке, вытяжке. Однако при охлаждении необходимо пройти три наиболее опасных фазовых превращения с изменением плотности плутония. Поэтому проблемы кобробления и растрескивания оставались.

Для решения проблем, связанных с трудностями использования чистого плутония при изготовлении из него изделий, необходимо было найти пути легирования плутония, изучив свойства его сплавов и соединений.

Поиск легирующих добавок, позволяющих фиксировать пластичную δ -фазу при комнатной температуре, наряду с разработкой и созданием оборудования, обеспечивающего при высокотемпературной обработке плутония давлением высокий вакуум или инертную среду, стали для металлургов главным делом.

Сотрудники НИИ-9 А.Н. Вольский, С. Трехсвятский, В. Соколов, Я. Стерлин интенсивно решали эту задачу еще в институте на малых количествах плутония. Теперь предстояло подтвердить полученные результаты на промышленных партиях плутония. Отработка технологии и получение металлического плутония, ответственного по качеству поставленным тре-

бованиям, были успешно завершены в сжатые сроки. 16 апреля 1919 г. изготовили первый слиток металлического плутония и сдали пробу на спектральный анализ. Результаты анализа показали, что технология обеспечивает получение металла требуемого качества. Вместе с учеными-металлургами НИИ-9 успешное решение задачи обеспечили инженеры-металлурги завода: Н.П. Куликов, В.Т. Сомов, Н.Я. Ермолаев, А.С. Никифоров (впоследствии академик АН СССР, директор ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара), Г.А. Стрельников, И.И. Митяев, М.В. Лепаловский, А.А. Евсикова, А.Г. Шалыгина, Н.В. Киселева, В.В. Артамонов, Е.Н. Карлов, В.А. Карлов под руководством К.Н. Чернышева.

«Сколько было радости и ликования в тот апрельский день, — вспоминает З.А. Исаева. — Работники цеха № 9 в тяжелейших условиях выполнили Государственное задание: был получен кондиционный металлический плутоний. Эстафета передавалась на литейно-механическое производство.»

На 101-й партии «стаканный» период работы цеха закончился. В июле было наработано нужное количество высококачественного плутония, переданного для изготовления конструкции плутониевого ядерного заряда на литейно-механическое производство завода.

К этому времени уже было готово новое здание промышленного плутониевого химико-металлургического цеха. В новый цех переходила основная масса работников. В бараке осталась только «ликвидационная» бригада. В нее вошли: З.А. Исаева, Ф.П. Кондрашова, Н.И. Скрябина, И.П. Мартынов, А.Г. Шалыгина. В задачу бригады входила переработка всех образовавшихся в цехе отходов и отмывка помещения.

ЛИТЕЙНО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО (ЦЕХ № 4)

Литейно-механическое производство — конечный этап всей технологической цепочки комбината. Получение готового изделия — плутониевого заряда — вот основная задача, вот результат, которого все ждали. Вспоминает бывший заместитель начальника цеха № 4 Н.И. Иванов: «С самого начала работ с плутонием в цех часто, а на конечной стадии почти ежедневно, приезжали научный руководитель

проблемы И.В. Курчатов, главный конструктор Ю.Б. Харитон, руководство 1-го Главного управления Б.Л. Ванников и А.П. Завенягин, директор комбината Б.Г. Музруков и главный инженер Е.П. Славский. Их присутствие ощущалось по той поразительной быстроте, с которой устранялись постоянно возникающие заторы в работе. Работой в цехе руководили А.А. Бочвар — научный руководитель Завода «В», и А.С. Займовский — научный руководитель цеха № 4. Оба они были штатными сотрудниками завода.

В штате цеха было около 50 человек. По 2—4 человека было в лабораториях: металлографической, физической, рентгеноструктурного анализа, механических испытаний, нейтронных измерений и гамма-дефектоскопии. По 5—10 человек находилось в производственных отделениях: литейном, обработки давлением и механической обработки плутония резанием. Остальные работали во вспомогательных службах: конструкторской группе, группе электрика и механика, механических мастеровских.

Наряду с задачей организации, монтажа и пуска литейно-механического производства, стояли научные и технологические задачи по уточнению физико-химических и нейтронно-физических характеристик металлического плутония, разработке и освоению типологии получения плутониевых сплавов, получения сплава плутония в δ -фазе, отработке технологий изготовления деталей из плутония заданной геометрии и покрытия изделий никелем и многие другие, нерешенные к тому времени наукой вопросы.

Вместе с А.А. Бочваром и А.С. Займовским в цехе работала группа сотрудников НИИ-9. В литейном отделении цеха были Я.П. Селицкий, Е.С. Иванов; в отделении прессования — А. Г. Самойлов, И.Д. Никитин; в металлографической лаборатории — В.И. Кутайцев; в отделении механической обработки резанием — М.С. Пойдо. Разработка технологии покрытия деталей была поручена Е.В. Конопасевич.

Начальниками подразделений были назначены следующие люди.

Начальник цеха — В.С. Зуев, переведенный по рекомендации А.А. Бочвара с Электростальского машиностроительного завода, где

он работал под руководством А.А. Бочвара и А.С. Займовского начальником цеха.

Заместитель начальника цеха — Н.И. Иванов, так же как и многие другие специалисты проходивший стажировку в НИИ-9 у С.Т. Кобнеевского, крупнейшего в стране специалиста по физике металлов.

Начальники следующих подразделений:

Литейное — С.И. Бирюков; отделение прессования — Б.Н. Лоскутов; отделение механической обработки резанием — А.И. Мартынов.

Физическая лаборатория — В.Д. Бородин.

Лаборатория рентгеноструктурного анализа — Ф.П. Бутра.

Лаборатория металлографии — М. Д. Дербицов,

Лаборатория механических испытаний — В.В. Калашников.

Лаборатория гамма-дефектоскопии — В.А. Коротков.

Особое положение в цехе занимала лаборатория нейтронных измерений, на которую не распространялось научное руководство А.А. Бочвара. Этой лабораторией руководил ученик И.В. Курчатова проф. Лев Ильич Русинов (Ленинградский физико-технический институт). Начальником лаборатории нейтронных измерений был и Г.Т. Залесский, будущий директор Завода «В».

Комплектация кадрами цеха № 4 проводилась по тому же принципу, что и для других производств завода. Основной костяк специалистов проходил стажировку в НИИ-9 или на урановом производстве в г. Электросталь. Так, по воспоминаниям работника завода Г.И. Румянцева, многие работники будущего прессового участка цеха познакомились на стажировке в НИИ-9 в группе А.Г. Самойлова. Это — Б.Н. Лоскутов, С.К. Золотарева, Г.А. Томсон, С.А. Синникова — выпускники различных институтов; Л.И. Залетов, Г.И. Румянцев, Г.А. Сесин, В.А. Дербышев — техники. Прибывшие в апреле Л. С. Арбайтин, Г. М. Нагорный, Б.Е. Прокопенко находились на практике в Электростали. Н.И. Иванов в своих воспоминаниях отмечает: «...Сказать, что будущие работники завода стажировались, будет не точным. Они вместе и наравне с сотрудниками института искали решения технических и технологических проблем изготовления деталей из плутония, хотя большинству из них было

достаточно точно известно только то, что он существует.»

Ко времени получения первых слитков металлического плутония на химико-металлургическом производстве ранней весной 1949 г. предусмотренные проектом работы в цехе № 4 не были закончены. Для ускорения работ начали постепенное вытеснение строителей и монтажников из помещения цеха. При этом не все установленное оборудование было проверено и принято. В дальнейшем стало ясно, что это абсолютно правильное решение, поскольку только часть смонтированного по проекту основного оборудования была использована по назначению. Все необходимое для изготовления деталей создавалось уже в ходе работы непосредственно работниками института и цеха. Среди смонтированного монтажниками проектного оборудования были 6-, 15-, 30- и 350-тонные прессы.

Полученные из цеха № 9 слитки металлического плутония позволили приступить в цехе № 4 к изучению его свойств в физической, рентгеновской и металлографической лабораториях. Начальник физической лаборатории В.Д. Бородич на приспособленном для дилатметрических измерений микронном индикаторе часового типа получила дилатметрические кривые, из которых воспроизводимо рассчитывались температуры начала и конца каждого фазового превращения, величины объемных измерений при превращениях и коэффициенты термического расширения каждой фазы. За ходом первых экспериментов наблюдал А.С. Займовский. Как стало ясно в дальнейшем, полученные результаты практически совпали с результатами и зарубежных, и отечественных исследователей, проводивших позже измерения на приборах высокого класса.

В рентгеновской лаборатории Ф.П. Бутра исследовал структуру плутония, получил дебайграммы пяти фаз плутония, обнаруженных при дилатметрических измерениях, и расшифровал структуру дельта- и эpsilon-фаз плутония. Все полученные по чистому плутонию экспериментальные данные говорили о сложности его технологических свойств. Для их улучшения необходимо было отработать технологию его легирования. Работы показали, что лучшим легирующим элементом, является галлий, легирование им приводило к фиксации плутония в δ -фазе, что и подтвердили

исследования, выполненные в физической и рентгеновской лабораториях. Н.И. Иванов вспоминает: «У каждого слитка проверяли его плотность, определяли поток нейтронов, брали пробы на химический и спектральный анализ в аналитическую лабораторию, начальником которой был И.Н. Рождественский. Рентгеноструктурный анализ показал, что в сплавах плутоний находился в основном в δ -фазе, однако частично присутствовала и α -фаза, что приводило периодически к растрескиванию отливок. Для уменьшения α -фазы на основании данных дилатометрии была выбрана оптимальная температура для введенной операции отжига сплава. Результаты контроля каждого слитка сообщались Ю.Б. Харитону и приемщику В.Г. Кузнецову, которые давали заключение о возможности использования слитков для изготовления деталей. Вся совокупность экспериментальных данных, полученных при контроле слитков, была использована для установления норм, внесенных в технические условия на детали, текст которых готовил В.Г. Кузнецов, доктор химических наук, ранее работавший в ИОНХ АН СССР.

В те дни, когда шла отработка технологии отливки сплава плутония с галлием, окончательно была выбрана и технология изготовления деталей. Отрабатывались три варианта технологии.

Технология прессования из порошков урана, как имитатора плутония, получаемых в процессах гидрирования и дегидрирования урана; руководил работой А.Г. Самойлов. Из-за трудностей в обеспечении безопасности работ с порошком эта технология была отвергнута И.В. Курчатовым.

Технологию изготовления деталей литьем возглавлял Я.П. Селицкий. Работники отделения П.В. Смогалева, К.Т. Василенко, М.М. Копелиович, К.И. Лапшина делали все возможное, чтобы заготовки первых изделий были получены в литейном отделении. Однако, несмотря на все усилия, основное оборудование отделения было готово к работе с плутонием только осенью 1949 г.

В сложившейся ситуации удивительно подходящей, дающей возможность сравнительно быстро решить задачу, оказалась технология диффузионного сваривания кусков металла под давлением в вакууме, разработка которой была начата еще в институте НИИ-9. Однако

проведенные под руководством А.Г. Самойлова опыты по диффузионной сварке кусков алюминия на изготовленной в институте установке оказались неудачными. Куски не сваривались. Необходимо было усовершенствование установки. За организацию помощи цеху взялся Б.Г. Музруков. Он отвез А.Г. Самойлова и Ф.И. Мыськова в заводоуправление, обеспечив условия по разработке чертежей деталей, которые по их мнению требовалось заменить. Изготовленные в считанные дни чертежи с нарочным на самолете были направлены на один из оборонных заводов в г. Горький и спустя неделю все нужные детали были в цехе. Неожиданно пришла помощь и от руководства ПГУ, которое знало о возникших сложностях, как о проблеме обеспечения вакуума в аппарате спекания. В цехе появились специалисты из института Векшинского и с их помощью в аппарате был получен высокий вакуум. Первое же сваривание кусков алюминия на модернизированной установке было удачным. Изготовленная деталь была легко извлечена, имела блестящую поверхность, а куски прочно сварены. Установка была признана годной для изготовления деталей из сплава плутония.

Кроме Н.И. Иванова, сейчас известны интересные воспоминания другого участника работы по очистке от шлаков первых слитков плутония Г.И. Румянцева, опубликованные в известной книге В.Н. Новоселова и В.С. Толстикова*. Он пишет не только об условиях работы, но и отмечает, что «каждый зачищенный кусочек плутония предьявлялся Ю.Б. Харитону и укладывался в предварительно взвешенный контейнер».

Отработка режимов прессования (температуры нагрева, величины разрежения и давления пресса и др.) проводилась на изделиях малой формы. Кусочки по одному медицинскими щипцами перекладывались в прессформу, установленную в аппарате, подключенном к вакуумной системе. При этой операции для уменьшения окисления плутония его кусочки обдувались аргоном.

После того как нужное количество сплава плутония было накоплено, наступила самая ответственная операция: изготовление деталей.

Прессование было поручено провести А.Г. Самойлову. Его воспоминания о ходе этой работы также опубликованы.

В отделении механической обработки, куда передали деталь, операция обточки детали была выполнена М.С. Пойдо. После проверки детали на несущую способность, ее сдавали в хранилище. Вторая деталь первого комплекта по отработанной технологии была изготовлена без осложнений.

Для защиты от α -излучения плутония детали должны были иметь никелевое покрытие. Технология покрытия деталей не была отработана. Исследования А.П. Александрова*, которые он проводил вместе с Е.В. Конопасевич, завершены не были. Они были закончены под руководством профессора А.И. Шальникова из Института физических проблем АН СССР.

В помощь А.И. Шальникову А.С. Займовский организовал группу, в которую вошли Е.В. Конопасевич, В.Д. Бородич, А.А. Жулькова. В работе живое участие принимал Ю.Б. Харитон. Буквально за несколько дней была смонтирована лабораторная установка. Покрытие первой детали прошло успешно. При покрытии второй детали произошло ЧП. Никель пузырился, покрытие требовалось снять и нанести новое. Но не будет ли при этом испорчена деталь? Доложили руководству. Интересный эпизод в связи с этим вспоминает Н.И. Иванов: «Когда А.С. Займовский сообщил о случившемся Б.Л. Ванникову, тот возбужденно заявил, что, если деталь будет забракована и ее придется изготавливать заново, он отдаст его под суд. Ответ Александра Семеновича, что он не боится советского суда, вызвал неожиданную для него реакцию Б.Л. Ванникова, который воскликнул: «А вот я боюсь!» К счастью для всех, покрытие с детали сняли легко, и эта операция была включена в технологию, как допустимая. Повторное покрытие детали было удачным.»

Контрольные измерения детали до и после покрытия проводил техник-измеритель Б.А. Голубков. После проведения маркировки процесс изготовления деталей был завершен и они были готовы к сдаче их приемке. Вместе с деталями приемке была предьявлена докумен-

* «Тайны Сороковки». Екатеринбург: Изд-во Уральский рабочий, 1995.

* С 1946 г. по 1955 г. — директор ИФП АН СССР, а с 1948 г. и заместитель начальника Лаборатории № 2. С 1960 г. директор ИАЭ им. И.В. Курчатова.

тация, содержащая все данные, полученные при контроле слитков, из которых изготовлены детали, краткое изложение технологии изготовления деталей и результаты контроля, изложенные в актах, сведенных в формуляр. Акты оформляли ответственные исполнители:

Л.И. Русинов — Акт об определении числа нейтронов, испускаемых 100 г рассредоточенной массы плутония;

В. Д. Бородич — Акт об определении плотности слитков;

Ф.П. Бутра — Акт о чистоте дельта-фазы каждого слитка;

И.Н. Рождественский — Акт о результатах химического и спектрального анализа металла в слитках;

М. Д. Дерезин — Акт о результатах контроля металла на содержание кислорода;

Н.И. Иванов — Акт о выборе слитков для изготовления деталей, которые подписали также А.С. Займовский и В.Г. Кузнецов;

А.С. Займовский — Акт об изготовлении деталей с кратким описанием технологии, который подписали также А.А. Бочвар, А.Г. Самойлов, Б.Н. Лоскутов, В.С. Зуев и Н.И. Иванов;

В.А. Коротков — подписывал прилагаемые снимки, полученные при гамма-дефектоскопии и подтверждающие отсутствие внутренних дефектов в деталях.

Еще до официального предъявления деталей приемке вся документация с поразительной скрупулезностью и придирчивостью проверялась Ю.Б. Харитоновым.

Формуляр на детали, оформленный А.С. Займовским, подписывали И.В. Курчатов, А.А. Бочвар, Б.Г. Музруков, А.С. Займовский, Ю.Б. Харитон и В.Г. Кузнецов. Предъявительскую записку на сдачу деталей приемке подписывал Б.Г. Музруков. Приемку деталей осуществляли Ю.Б. Харитон и В.Г. Кузнецов.

С пуском промышленных цехов химико-металлургического и литейно-механических производств история опытно-промышленного производства, на котором впервые был получен металлический плутоний высокой чистоты и изготовлены детали плутониевого ядерного заряда для первой советской атомной бомбы, завершается.

29 августа 1949 г. было успешно проведено испытание атомной бомбы страны Советов. Планы наиболее реакционных кругов Запад-

ного мира по атомной бомбардировке городов Советского Союза были сорваны.

Внесшие наибольший вклад в решение этой задачи работники науки и Завода «В» были награждены правительственными наградами.

На этом историю литейно-механического цеха № 4 в составе опытно-промышленного комплекса можно считать завершённой. В конце весны 1950 г. на второй площадке завода «В» закончилось строительство промышленного литейно-механического производства (здания 11) и началось перемещение производства изделий специального назначения из цеха № 4 в здание 11.

За получение металлического плутония высокой чистоты были вручены следующие награды:

Орден Ленина — Е.Д. Вандышевой, И.П. Мартынову, З.А. Быстровой, М.Я. Трубочаниновой, З.А. Исаевой, Г.А. Оболонковой, М.С. Дорохову, К.В. Смирновой.

Орден Трудового Красного Знамени — А.С. Кострюковой, Ф.Я. Захаровой, А.Д. Гельман.

За выпуск деталей для изготовления плутониевого ядерного заряда присвоено звание Героя Социалистического Труда А.А. Бочвару.

Награды были вручены сотрудникам НИИ-9:

Орден Ленина — А.Г. Самойлову, М.С. Пойло, И.Д. Никитину, А.И. Антонову, С.И. Бирюкову, В.Д. Бородин, Ф.П. Бутре, В.С. Зуеву, Н.И. Иванову, Б.Н. Лоскутову, А.И. Мартынову, В.И. Пониматкину, Г.В. Симакову.

После выполнения правительственного задания, перевода разработанных технологий на промышленное оборудование вновь пущенных цехов, история завода «В» наполнилась многими страницами ярких взлетов и трагических ошибок, приведших к гибели людей. На этом заводе, как ни на каком другом в системе ПГУ и Минсредмаша, досрочно уходили из жизни его руководители.

Первый директор завода З.П. Лысенко ушел из жизни в 1949 г. Сменивший его Л.А. Алексеев, проработав в течение 10 лет директором завода (1949—1959 гг.), ушел из жизни в 1962 г. Работавший на заводе с 1949 г. начальником лаборатории, а после Л.А. Алексеева директором завода до 1971 г. Г.Т. Залесский ушел из жизни в возрасте 54 лет в 1971 г. С 1971 по 1978 г. директором завода работал

В.В. Мясников (он прожил всего лишь 56 лет. Пятый директор этого завода Г.М. Нагорный в 1988 г. ушел из жизни на боевом посту. Всего лишь 43 года прожил ветеран завода И.Г. Евсиков, работавший заместителем главного инженера по производству. В подробной истории завода должны быть упомянуты и другие ветераны, активно участвовавшие в создании ядерного щита нашей страны.

В дальнейшем условия труда стали иными, эти работы и начали активно проводиться еще в период, когда директорами работали Л.А. Алексеев и Г.Т. Залесский.

Принципиально изменились условия труда на плутониевом химико-металлургическом производстве с пуском цеха № 1Б. Цех стал представлять из себя автоматизированное производство в манипуляторном исполнении, когда работники на основных технологических операциях не имеют непосредственного контакта с плутонием. Была пушена вторая очередь завода для изготовления ядерных зарядов из высокообогащенного по изотопу уран-235 металлического урана. Новое литейно-механическое производство стало представлять собой ту реальность, о которой в первые годы работы завода можно было только мечтать. Механическую обработку изделий резанием стали проводить на автоматизированных станках. Поколение специалистов, пришедшее вслед за первопроходцами, не посрамило их и их славные традиции по самоотдаче и преданности делу.

Пятидесятилетняя история завода и Комбината неразрывно связана с титанической работой всей страны по достижению ядерного паритета с США, богатейшей страной Западного мира. Но это уже другая история. Тоже славная, но другая. Главное же было сделано тогда, в 1948—1949 гг., когда весь мир узнал о великой интеллектуальной и технологической мощи нашей страны. Слава им, первопроходцам, честь и благодарная память потомков!

ЭКОЛОГИЯ ВОКРУГ ЗАВОДА № 20 И ПОСЕЛКА ТАТЫШ

При существовавшем в 50-е годы в период создания первой ядерной бомбы состоянии дозиметрии и уровне знаний об отдаленных последствиях загрязнения окружающей среды никто не задавался целью немедленно органи-

зовать очистку газовых выбросов и жидких сбросов.

Вследствие несовершенства систем газоочистки в воздух над территорией завода за счет вентиляции технологических камер и производственных помещений выбрасывалось большое количество радионуклидов. Это привело к значительному загрязнению почв и почвогрунтов на территории завода и окружающих площадях. Накопление загрязнений особенно сильное было в поверхностном слое почвы глубиной до 10 см, где их содержание превышает фоновое. И хотя в настоящее время газовые выбросы в результате совершенствования систем газоочистки и общей реконструкции производства значительно ниже контрольных уровней по содержанию радионуклидов, накопленная в первые годы работы активность на территории завода продолжает оставаться высокой.

Во все годы работы подразделений завода в условиях их постоянной реконструкции твердые отходы производства, разного рода строительные отходы, демонтированное оборудование захоранивались в грунтовые могильники. Заполненные могильники засыпались чистым грунтом, и на их поверхности самосевом начал прорастать лес. Сейчас коренным образом изменена система утилизации твердых отходов. И хотя на заводе сооружен могильник № 10, соответствующий современным нормативным требованиям, он стоит пустой. Все радиоактивные отходы с территории завода вывозятся.

Когда впервые встал вопрос, а куда же девать жидкие радиоактивные отходы производства, взгляды создателей новой промышленности обратились на оз. Татыш. Достаточно большое, оно было расположено совсем близко от основных цехов завода. И полились в озеро жидкие сбросы. Более 10 лет текли в него технологические хвостовые растворы, вода из охлаждающих рубашек оборудования и просто вода от обмыва полов и аппаратов. Жидкие сбросы очень быстро привели к радиоактивному загрязнению воды в водоеме. Правда, благодаря жизнедеятельности планктона и водорослей активность оседала в виде илов на дно озера, накапливаясь там. Тем самым загрязненность воды поддерживалась на достаточно низком уровне. Тем не менее, проблема требовала своего решения.

С начала 60-х годов была изменена техноло-

гия обращения с жидкими отходами. Организован вывоз технологических сбросов в спеццистерне на Завод № 235, в из системы спецканализации завода перед сбросом в озеро вода начала очищаться в специально построенном здании водоочистки.

В результате резкого сокращения сброса радионуклидов вода в оз. Татыш начала постепенно очищаться. Это позволило в 1970 г. включить озеро в систему оборотного водоснабжения завода. К этому времени были выполнены большие инженерные работы по локализации озера от соседних водоемов и созданию вокруг него охраняемой зоны.

В последние годы, в связи с ростом внимания к экологическим проблемам вообще и связанным с деятельностью химкомбината «Маяк» в частности, предприняты активные меры по изучению экологической обстановки в районе завода.

В 1990 г. проведена первая инвентаризация всех радионуклидных сбросов, поступающих в оз. Татыш. Результатом этой работы явилось предложение по созданию замкнутой системы водоснабжения завода, предполагающей вывод озера из водопользования.

Попутно предложен ряд перспективных технологий по утилизации твердых отходов, позволяющих исключить их последующее влияние на окружающую среду.

В 1995 г. проведено хозяйственное, лесотаксационное радиационное и радиоэкологическое обследование промплощадок завода и окружающих территорий. Итоги обследования послужат основой для разработки рекомендаций по улучшению радиационной обстановки и общеэкологического состояния и упорядочения содержания этих территорий.

К глубокому сожалению, в настоящее время при всеобщем понимании необходимости улучшения экологической обстановки на оз. Татыш и территории завода единственным препятствием является отсутствие финансирования реабилитационных работ.

РЕАКТОРНЫЙ ЗАВОД № 23

Как уже отмечалось, первым реактором, построенным на этом заводе в апреле 1950 г., был уран-графитовый реактор АВ-1. Вместе с другим реактором такого же типа (АВ-2) позднее был образован Завод № 24. На базе же тя-

желоводных реакторов ОК-180 и ОК-190 (третий и седьмой по счету введенные реакторы) был организован Завод № 37. Первым документом, предопределившим создание будущего Завода № 23 является приказ начальника ПГУ при СМ СССР за № 276сс/ОП от 17 июля 1948 г., изданный во исполнение Постановления СМ СССР за № 2561-1055сс/ОП от 13 июля 1948 г. В приказе, в частности, было сказано:

а) Приступить к проектированию реактора АВ по проекту, аналогичному реактору А, с внесением в этот проект, по техническим условиям лаборатории № 2 АН СССР (акад. И.В. Курчатов) конструкторских улучшений, позволяющих упростить и удешевить сооружение реактора и одновременно поднять его мощность. Реактор АВ имеет назначение дублировать реактор «А» на период его освоения, а затем стать самостоятельным заводом предприятия.

б) Приступить к проектированию по техническим условиям Лаборатории № 2 АН СССР (академик И.В. Курчатов), член-корреспондент АН СССР А.П. Александров) реактора «АВ».

30 октября 1948 г. комиссия рассмотрела представленные материалы по реактору «АВ» и рекомендовала проектное задание утвердить, 10 ноября 1948 г. комплексное проектное задание было рассмотрено и утверждено научно-техническим советом ПГУ при СМ СССР.

СТРОИТЕЛЬСТВО РЕАКТОРОВ И ИХ ПУСК

Подготовка котлована под реактор АВ (впоследствии названный АВ-1) была начата задолго до получения всей проектной документации.

В конце 1948 г. был произведен взрыв скального грунта на выброс с использованием 171,7 т аммонала. Необычайно высокими темпами велись строительные и монтажные работы в 1949 г. В рекордно короткий срок строительство было закончено, и в начале 1950 г. реактор АВ был готов к пуску.

В разгар строительства реактора АВ было намечено строительство еще одного аналогичного реактора вблизи строящегося здания 301 для первого реактора АВ (Указание начальника Главгорстроя СССР от 17.10.49). Этот новый намеченный к строительству реактор получил название АВ-2. Продолжительность



Азотно-кислородное отделение завода 23



Центральный зал реактора АВ-2.
Начальник смены Г.М. Третьяков

строительных работ была определена 10 мес (с 01.01.50 до 01.11.50), 30 марта 1951 г. объект АВ-2 был сдан в эксплуатацию.

Ко времени пуска реактора АВ-1 на комбинате имелся двухгодичный опыт эксплуатации реактора А. Почти весь персонал к этому времени получил теоретическую подготовку и прошел в большей или меньшей степени стажировку на реакторе А.

Ко времени пуска реактора АВ-2 его персонал прошел подготовку на реакторе АВ-1 и частично на реакторе А. Производственные и технологические инструкции были полностью отработаны.

Пуск реактора АВ-1 проводился под руководством академика И.В. Курчатова. В пуске принимали участие начальник ПГУ Б.Л. Ванников, член-корр. АН СССР А.П. Александров, директор комбината Б.Г. Музруков, главный инженер Е.П. Славский, научный руководитель АВ-1 В.С. Фурсов, а также Е.Н. Бобулевич, М.С. Пинхасик, Л.А. Юровский, Ю.И. Корчемкин*, начальник реактора Н.А. Петров, первые начальники смен Б.В. Брохович, Р.В. Егоров, А.Н. Митенев, Л.Г. Созинов.

Рабочие блоки загружались в несколько приемов, при этом после каждой догрузки проводился пробный физпуск.

03.04.1950 г. была полностью закончена за-

грузка рабочих блоков, а 04.04.50 в 24-00 ч по указанию А.П. Александрова мощность была поднята до 17%.

В дальнейшем мощность поднималась ступенями по 7—10% и в июне была достигнута проектная мощность.

В сентябре этого же года первую продукцию передали на переработку. В монтаже и пусконаладочных работах на реакторе АВ-1 самое активное участие принимали будущие работники эксплуатации Б.Д. Авдеев, Н.Е. Бондаренко, Г.В. Большилов, В.П. Абросимов, Д.И. Вавилов, Г.А. Гузиев, Б.С. Иванов, В.И. Соин, А.С. Василенок, Н.П. Вакуленко, В.С. Мухин, Н.Ф. Павлов, М.Г. Нюпенко, В.М. Жеребцов, Н.А. Стеблев, В.Е. Ильин, П.Л. Конев, А.И. и С.Н. Казанкины, В.А. и А.П. Степановы и многие другие.

Пуск реактора АВ-2 был осуществлен аналогичным образом. 13.04.51 произведен физпуск и мощность поднята до 12%. Ответственными за пуск реактора АВ-2 были: директор комбината Б.Г. Музруков, главный инженер комбината Г.В. Мишенков, заместитель научного руководителя А.П. Александров.

При пуске присутствовали Б.Л. Ванников, Е.П. Славский, В.С. Фурсов. Первыми начальниками смен реактора АВ-2 были С.А. Аникин, П.Д. Данилов, А.И. Кокин, В.А. Мелешкин, А.И. Солодовников, Ю.Н. Ушаков.

В монтаже и пуске реактора АВ-2 принимали участие: Л.В. Кириллов, Ю.И. Заворуев, В.Ф. Жуков, Г.И. Иванцов, И.И. Кокшаров, В.Г. Ильков, В.А. Мельников, А.В. Кочнев, Ф.В. Галиакбаров, Н.М. Мишин, П.В. Мишин, М.Г. Кузьменко, В.И. Трясцов, П.В. Ло-

* Работал в группе учета работы реактора «А». Руководителем группы физиков был Г.Б. Померанцев. В этой группе также работал С.В. Мельников, а с начала 1952 г. А.К. Круглов.



Расходомерная отметка на реакторе АВ-2

Отделение радиационного легирования кремния (ОРАК).
Оператор В.В. Тихомиров (Завод № 23)

гинов, Е.В. Клячева, Л.А. Фомина, Г.Н. Азов, Б.П. Шмельков, А.С. Ханжов, Н.А. Абатуров, И.С. Зырянов и др.

Первая продукция реактора АВ-2 была передана на переработку в октябре 1951 г.

Ветераны завода и отрасли А.К. Дедюхин, К.М. Заходов, А.П. Зернов, А.И. Киреев, А.В. Климов, С.М. Коршунов, Ф.А. Лягинсков, С.Г. Ушаков, Н.А. Чкалов, инженер-конструктор Г.П. Виноградов, мастера-механики В.Е. Ильин, И.И. Пытов и многие другие также начинали свой трудовой путь на предприятии с реактора А. Среди них были Н.И. Козлов, Л.А. Алехин и другие работники Комбината и Министерства. Об условиях быта и работы тогда на реакторах можно судить из воспоминаний слесаря К.М. Заходова: «В декабре 1947 г. я по путевке прибыл в над город из Ленинграда, где работал на судостроительном заводе. Было мне 19 лет. Шло строительство жилых домов по проспекту Ленина. Наше первое жильё мы получили в здании, где сейчас находится музыкальная школа. Кровати в два яруса были размещены в одной из больших комнат. Мы знали, что город еще строится, поэтому жильё нас вполне устраивало. Вместе со мной приехали и жили в одной комнате мои земляки: Виктор Малькевич, Рем Ксентицкий и Евгений Сафронов.

Сроки ввода объекта в эксплуатацию были сжатыми, поэтому приходилось спешить, а зачастую мы работали без выходных. Когда агрегат А был пущен, мы стали работать уже как эксплуатационники.

Я работал тогда в центральном зале на сборке технологических каналов. Вскоре, по решению руководства, была создана специальная бригада по ликвидации аварий на реакторе (так называемых «козлов»), куда меня и направили. Специального инструмента и приспособлений для выполнения этой работы в то время не было. Приходилось выдумывать и тут же изготавливать штанги, воротки, фрезы, цанги, удлинители и т. п. Рассверловку тогда вели вручную, так как станков не было. Отсутствовали надежные средства защиты и не было хороших приборов контроля. Случалось так, что только мы ликвидируем одного «козла» и не успеваем еще выпастись (а спали порою на заводе), как нас уже снова просят принять участие в ликвидации очередного «козла».

СТРУКТУРА ЗАВОДА И ЕГО КАДРЫ

Первоначально реакторы АВ-1 и АВ-2 в состав комбината входили как самостоятельные заводы (объекты).

Одновременно со строительством реактора АВ-1 производилась комплектация эксплуатационного персонала и его обучение на работающем реакторе А.

Были созданы следующие службы:

1. Служба управления реактором, возглавлялась главным инженером.
2. Служба КИП — начальник И. Д. Лопатухин.
3. Служба автоматики — начальник П. Г. Дobia.



Оператор отделения загрузки, выгрузки и готовой продукции В.М. Барышев (реактор АВ-2)



Пульт управления реактора АВ-2

4. Служба главного механика — начальник Н.М. Тиранов.

5. Служба главного энергетика — начальник В.А. Морозов.

6. Служба дозиметрии — начальник И.М. Розман.

7. Отделение загрузки — начальник И.С. Погапов.

8. Отделение готовой продукции — начальник Н.П. Вакуленко.

9. Химлаборатория — начальник И.И. Мельников.

10. АХЧ — начальник А.А. Озерков.

Для работы на строящемся реакторе рабочих и ИТР набирали с действующих заводов предприятия, по вербовке и отбору из других городов Советского Союза, из молодых специалистов, отбираемых кадровой службой ПГУ для работы в нашей промышленности. К окончанию строительства и монтажа весь требуемый эксплуатационный персонал был набран и обучен и принимал участие в приемке оборудования и пуско-наладочных работах. Первым начальником объекта АВ (завод № 2) был Н.А. Петров. С ноября 1950 г. начальником объекта назначен Н.А. Семенов. (В последние годы жизни Н.А. Семенов был Первым заместителем Министра Среднего машиностроения). После перевода Н.А. Семенова в 1952 г. в управление комбината начальником объекта назначается Н.Д. Степанов, а его вскоре сменяет Н.А. Николаев.

В ноябре 1950 г. было создано самостоятельное управление по эксплуатации реактора АВ-2. Начальником объекта назначен А.Д. Ры-

жов, главным инженером — Н.Д. Степанов. Вновь созданное управление приняло от руководства объекта АВ функции курирования строительства, монтажа и набора и подготовки необходимых кадров. Эксплуатационный персонал АВ-2 проходил обучение на работающем реакторе АВ-1. С марта 1951 г. начальником объекта АВ-2 (завод №4) был назначен Н.И. Козлов.

Оба объекта существовали раздельно до 1954 г. В конце 1953 г. ПГУ и руководством комбината было принято решение: два объекта (Завод № 2 и Завод № 4 объединить в объект 24, упростить структуру управления и снизить расходы на административно-управленческий персонал.

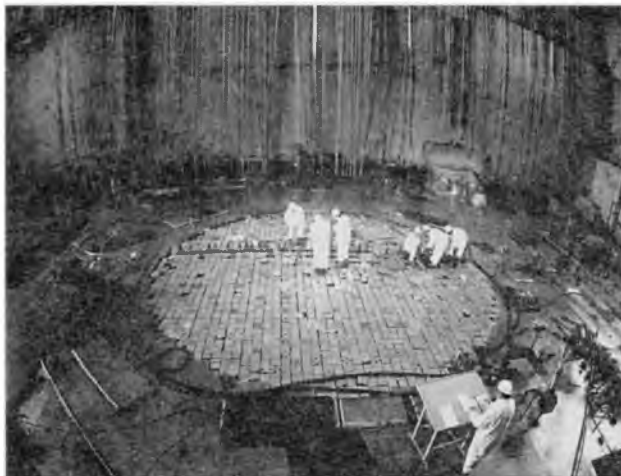
С 1 января 1954 г. для реакторов АВ-1 и АВ-2 был образован единый Завод № 24.

Директором завода был назначен опытный инженер и администратор Н.Н. Архипов, ранее руководивший реактором А.

Главным инженером утвержден Л.А. Юровский. Заместителем главного инженера по производству — Н.И. Козлов (бывший начальник Завода № 4). Научным руководителем стал В.И. Рябов.

Объединение двух объектов в единый Завод № 24 позволило существенно сократить численность персонала. Общая численность была сокращена с 755 до 528 человек, т.е. на 30%.

В 1957 г. главный инженер завода Л.А. Юровский был переведен на должность заместителя главного инженера комбината по группе А. Главным инженером завода назначается



Центральный зал реактора АВ-2

Н.И. Козлов, а его заместителем по производству — начальник смены реактора АВ-2 Л.В. Кириллов.

В 1960 г. главного инженера завода Н.И. Козлова назначили заместителем главного инженера комбината по группе А вместо Л.А. Юровского, а главным инженером Завода № 24 назначили Л.В. Кириллова, а его заместителем по производству — С.А. Аникина.

В 1962 г. С.А. Аникин выдвигается на должность директора Завода № 37, а на его место назначается начальник смены реактора АВ-1 В.А. Мелешкин. По науке и ядерной безопасности заместителем главного инженера после Н.С. Бурдакова стал Н.И. Сучев.

В июне 1963 г. скоропостижно скончался директор завода Н.Н. Архипов. Директором завода утвердили Л.В. Кириллова, главным инженером — В.А. Мелешкина. На должность заместителя главного инженера назначили начальника смены реактора АВ-2 А.П. Жарова.

В целях дальнейшего упрощения управленческого аппарата и снижения расходов на его содержание 1 января 1971 г. по приказу директора комбината Заводы № 24 и № 37 объединены в один коллектив — Завод № 23.

После объединения директором завода назначен Л.В. Кириллов, главным инженером — В.Ф. Гусев (главный инженер Завода № 37). Заместителями главного инженера по производству (они же — начальники реакторных зданий) стали: В.А. Мелешкин, А.П. Жаров, С.А. Аникин, заместителем по научной час-

ти — Л.А. Шуваев, заместитель главного инженера Завода № 37.

Отделы и службы возглавили:

П.В. Сахаров — главный механик.

А.С. Ханжов — главный приборист.

И.Т. Наумов — главный электрик.

И.С. Малыгин — начальник техотдела.

П.И. Коробкин — начальник ОЗиГП.

Н.Н. Костеша — начальник службы «Д».

Я.И. Смирнов — начальник химлаборатории.

И.А. Лезин — начальник АХЧ.

В.П. Рутенко — начальник 1-го отдела.

Общее число персонала на заводе при объединении изменилось с 1051 до 1006 чел.

Как уже упоминалось, реактор АВ-2 — здание 601 — был пущен в 1951 г. Весь персонал его дублировался и работал в здании 301. Начальником его был Н.И. Козлов, начальник службы КИПиА — П.Г. Добия, начальники отделений КИПиА — Б.И. Мясников и Н.Ф. Павлов. Инженерами по ремонту были Г.С. Сорокин, К.И. Поляков, П.А. Журавлев. Дежурные инженеры — Н.А. Абатуров, М. Буравлева, Б.В. Растегаев, В.Г. Хоревская, А.И. Бабин, Н.А. Благовещенский, А.И. Кочнева, О.А. Бочарникова. В архивах заводов и Комбината трудно найти непрерывно изменяющийся состав всех служб предприятий. Укажем лишь, что инженер службы КИПиА завода А.С. Василенок из числа работников КИПиА первых лет работы завода упоминает следующих:

В.В. Ежов, Н.К. Куцаков, Е.Н. Тюкин, Г.В. Филонов, Е.С. Самарский, А.Г. Клочков, В.П. Фролов, С.Н. Казанкин, Н.С. Махов, Л.А. Комарова, Н.Г. Муравьева, Н.А. Воронина, П.Г. Сорокина, Е.А. Савельева, Р.К. Киселева, Н.В. Морозов, З.В. Ермакова, В.Н. Лазаренко, В.Д. Тетюков, И.И. Шелухова, П.И. Агуреев, П.Н. Бутусов, В.Е. Антонов, Н.Р. Благодарнов, М.С. Зеленов, А.Л. Алексеев, Г.В. Ильичева, Т.А. Железнова, С.Я. Рунов, Л.Ф. Стреколов, А.Д. Пиунов, Р.Р. Лукманов, И.Ф. Савельев, В.С. Набродов, Н.М. Мишин, В.А. Семенов, В.А. Грещук и др.

Начальниками службы КИПиА на заводе были И.Д. Лопатухин, Я.М. Кудюров, П.Г. Добия, Н.Ф. Павлов, А.С. Василенок, А.С. Ханжов, И.В. Дроздов.

По-видимому, в истории Комбината, которая готовится к 50-летию Комбината, будут перечис-

слены и работники других, не менее ответственных служб, обеспечивших длительную работу реакторов (механики, электрики и т. д.).

В августе 1973 г. директор завода Л.В. Кириллов назначается на должность заместителя главного инженера комбината по реакторному производству.

Директором завода назначается В.Ф. Гусев, главным инженером — А.П. Жаров.

В 1974 г. выбывает с завода В.А. Мелешкин. Начальником реактора АВ-1 назначается И.С. Малыгин, начальником реактора АВ-2 — С.А. Аникин, а руководство строящимся реактором «Руслан» возлагается на П.В. Сахарова.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕАКТОРОВ АВ-1 И АВ-2

Вся история эксплуатации, уран-графитовых реакторов АВ-1 и АВ-2, как и реакторов Завода № 156, это борьба за форсирование мощности и обеспечение надежной работоспособности.

В первые годы после пуска основное внимание было уделено форсированию мощности. С этой целью был разработан и выполнен ряд мероприятий. Коротко остановимся на важнейших.

В 1954—1956 гг. на заводе была построена и пущена в эксплуатацию азотная станция. Была обеспечена азотная продувка обоих реакторов, что позволило поднять мощность на 20—25%.

В связи с отсутствием (в первые годы) необходимых знаний по радиационно-термическому формоизменению графита на реакторе АВ-1 заклинивали графитовые втулки. Это не позволяло форсировать мощность и могло привести к осложнениям в эксплуатации.

Проблема извлечения заклиненных втулок была решена после изучения различных вариантов. Комплексная бригада, созданная на заводе, разработала инструмент и приспособления для высверловки втулок, а затем выполнила эту работу на реакторе АВ-1 (1959—1964 гг.). После ее окончания мощность на АВ-1 была поднята на 30% и сравнялась с мощностью реактора АВ-2.

Следует отметить, что проектный срок эксплуатации реакторов составлял 5 лет. По истечении этого срока не было существенных замечаний по состоянию систем контроля, защиты и самих реакторов.

Несколько позже стали появляться неисправности. Так, с 1961 г. начался выход из строя отдельных точек в системе поканального контроля температуры воды на сливе. В 1964 г. эта система полностью вышла из строя. Система была спроектирована как не подлежащая ремонту, поэтому на первом этапе она была заменена системой термонейтронных датчиков, которая позволяла контролировать лишь распределение нейтронного потока.

Далее была разработана новая система поканального контроля температуры воды на основе термопар из кабеля КТМС.

Во время капитальных ремонтов (в 1971 г. на АВ-2, в 1972 г. на АВ-1) новые системы были смонтированы на обоих реакторах. Практика подтвердила, что новые системы более надежны, точны и ремонтоспособны.

С 1961 г. начали отмечаться обрывы импульсных линий системы поканального контроля расхода воды. В ТК в 1964—1965 гг. заменены импульсные линии от штуцеров стоек коллектора до переходных плит в схеме «Е» с южной стороны на обоих реакторах. Продолжали постепенно выходить из строя и другие системы и узлы реакторов.

Практически, не осталось таких узлов и систем, которые не требовали бы ремонта или замены. Многие работы на реакторах нуждались в изменении технологии. Большие трудности представляло собой определение причин и характера неисправностей (разрушений), появившихся в местах, недоступных для осмотра. Самой серьезной неисправностью можно считать разрушение переходных деталей тракта ниже кладки. Первые признаки этого явления были замечены в 1964 г.

Обрыв деталей приводил к большим затруднениям при постановке технологических каналов и разгрузке продукции. Массовый их выход из строя сделал бы реактор неработоспособным. С 1970 г. завод совместно с НИКИМТ разрабатывал способ замены и конструкцию новой нижней детали тракта, технологию выполнения этой работы.

В 1971 г. на реакторе АВ-2 и в 1972 г. на реакторе АВ-1 во время капитальных ремонтов произведена замена нижних деталей тракта с вмонтированными в них кабельными термопарами. Более длительных сроков потребовала разработка способа ремонта переходных деталей тракта в районе нижней диафрагмы. Нуж-



Участники вывода из эксплуатации реактора АВ-1
(август 1989 г.)

но было решить две проблемы: укрепить деталь тракта и предотвратить попадание воды на нижнюю диафрагму. Эти работы были выполнены.

Еще одним слабым местом технологического тракта оказался узел термокомпенсатора, расположенный выше кладки. На реакторе АВ-1 за счет усадки кладки произошло опускание плитного настила и расцепление деталей тракта в районе термокомпенсатора с дальнейшей их расцентровкой. Это привело к невозможности нормальной замены втулок, их раскрашиванию, появлению забитых ячеек. На реакторе АВ-2 плитный настил не опустился, но оказался висящим на деталях тракта. Разработали способ ремонта деталей тракта в районе компенсатора. На реакторе АВ-2 в районе компенсатора ставилась тонкостенная гильза из нержавеющей стали и «распуклевывалась» (изнутри выдавливались сферические выступы). Это предотвратило опускание плитного настила.

На реакторе АВ-1 уже расцепившиеся детали сначала центрировались, затем в них ставилась аналогичная тонкостенная гильза, которая затем скреплялась с деталями тракта точечной сваркой.

После такого ремонта замечаний при замене втулок (и других операциях) не было.

Большие ремонтные работы пришлось выполнять для сохранения работоспособности графитовой кладки. Начиная с середины 60-х годов стало ясно, что кладка начинает разру-



Участники вывода из эксплуатации реактора АВ-2
(июль 1990 г.)

шаться. Графитовые блоки (кирпичи) подверглись износу и имеют трещины, разрушение замковых соединений, значительный осевой прогиб. При расчистке забитых ячеек рассверловочным инструментом частично рассверливаются кирпичи; не всегда удается расчистить ячейку до конца.

К 1969 г. на заводе были разработаны способ, технология и оснастка для ремонта ячеек углеграфитовой пастой, состав и технология приготовления пасты. В работах по изучению формоизменения и ремонту графитовых кладок активно участвовали сотрудники Лаборатории № 5 ЦЗЛ Комбината (В.И. Клименков, Н.С. Бурдаков, В.Э. Парутин, Ю.К. Шурупов, А.И. Малов и др.) и многие работники завода № 24 (Р.А. Клестов, Г.Ф. Соколов, И.М. Пиголков, Я.И. Смирнов и др.). Начался массовый ремонт дефектных ячеек с помощью пасты.

За все время эксплуатации на реакторе АВ-1 отремонтировано 252 ячейки, запрессовано 39 693 кг пасты. На реакторе АВ-2 отремонтировано 309 ячеек, запрессовано 52 657 кг пасты. Это позволило сохранить кладку в работоспособном состоянии. Для обеспечения стабильной и безаварийной работы реакторов за время эксплуатации был выполнен еще целый ряд ремонтов и модернизаций оборудования, которые невозможно даже перечислить в столь ограниченном по объему повествовании.

Последнее подробное обследование технического состояния реакторов АВ-1 и АВ-2 было произведено в августе 1988 г. комиссией, назначенной указанием Первого заместителя Министра (№ СТ 1047/35с от 21.07.88). Эту очень представительную комиссию возглавлял



Руководители подразделений Завода № 23 (1993 г.)

заместитель главного инженера организации п/я Г-4752 С.В. Малышев.

Вывод комиссии следующий.

Основные металлоконструкции, графитовая кладка, СУЗ, системы контроля и обеспечения находятся в работоспособном состоянии и могут эксплуатироваться в течение двух лет.

От этих дней до своей последней остановки (АВ-1 12.08.89, АВ-2 14.07.90) реакторы проработали без замечаний.

Закончился 39-летний период работы реакторов АВ-1, АВ-2 — первых серийных промышленных уран-графитовых реакторов. Эти реакторы были созданы в рекордно короткий срок и позволили создать атомное оружие в нашей стране. Таким образом, был достигнут паритет вооружений в СССР и США и прекращен атомный шантаж со стороны США.

В первые годы эксплуатации было много трудностей в связи с отсутствием опыта и необходимых знаний. Только со временем была достигнута высокая культура эксплуатации, разработаны методы и технологии ремонта некоторых конструкций, которые считались незаменимыми и неремонтоспособными (кладка, нижние детали тракта).

Это позволило превысить основной проектный параметр реакторов (мощность) почти в 5 раз (4,77 раза) и в течение длительного времени поддерживать его на этом уровне, обеспечивая стабильную безаварийную работу.

К моменту прекращения эксплуатации реакторов их состояние гарантировало безаварийность и безопасность эксплуатации. На ре-

акторах были подготовлены кадры высокой квалификации.

В целом, нужно сказать, что реакторы АВ-1, АВ-2 и люди, создавшие и эксплуатировавшие их, выполнили возложенные на них задачи.

История распорядилась так, что составные части Завода № 23 — площадка № 1 (Завод № 24) и площадка № 2 (Завод № 37) в течение длительного времени развивались независимо друг от друга.

Руководителями объединенного завода в наиболее напряженный период его работы были Л.В. Кириллов и В.Ф. Гусев.

За это же время на площадке № 2 были сооружены пять реакторов, два из которых работают в настоящее время.

Все реакторы площадки № 2 спроектированы по двухконтурной схеме, причем в четырех из них использовалась тяжелая вода и лишь один — легководный (на обычной воде).

РЕАКТОР ОК-180

Реактор ОК-180 представлял собой первый в стране промышленный тяжеловодный реактор, предназначенный для получения плутония и ряда изотопов.

Строительство реактора было начато 6 июня 1949 г. и закончено 23 сентября 1951 г. Реактор с обслуживающими системами был размещен в здании 401, имеющем подземное исполнение, и образовал Завод № 3, входящий в состав комбината. Главный проектант комплекса — Ленгипрострой (главный инженер проекта Н.Н. Кондрацкий). Главный конструктор реактора — ОКБ Завода № 92 в г. Горьком (главный конструктор А.И. Савин). Научный руководитель — Лаборатория № 3 АН СССР (академик А.И. Алиханов, заместитель В.В. Владимирский).

Директором завода был назначен А.А. Тарасов, главным инженером — И.Д. Дмитриев, заместителями главного инженера стали А.И. Макаров (начальник ПТО) и Н.Н. Николаев. Научный руководитель — академик А.И. Алиханов.

В процессе монтажа оборудования происходила подготовка ремонтного и эксплуатационного персонала, среди которого были как опытные производственники, так и малоопытная молодежь. Первыми начальниками смен были А.Я. Смычков, А.Е. Тимофеев, Г.С. Цветков,

Д.С. Юрченко. Основными производственными подразделениями руководили:

В.П. Григорьев — главный механик.

И.В. Морозов — главный электрик.

А.Ф. Попов — главный приборист.

А.Д. Крестников — начальник службы дозиметрического контроля.

Л.С. Федосеева — начальник химической лаборатории.

Р.П. Ефремов — начальник транспортного отделения.

17 октября 1951 г. состоялся физический пуск реактора, а затем поэтапно была достигнута проектная мощность (28 октября). В процессе эксплуатации реактора были проверены различные режимы работы, выявлены некоторые конструкторские недочеты. Проверена возможность получения различных продуктов.

В январе 1965 г. появилась течь тяжелой воды из двух мест: соединения напорной камеры с трубой гидротранспорта (узел «Н») и дренажа из полости бокового отражателя (вентиль № 57). Никаких реальных возможностей устранить течь не было. Поэтому руководством Министерства было принято решение об остановке реактора. 3 марта 1966 г. он был остановлен. Слитая тяжелая вода была использована при пуске реактора ОК-190М. Нехватка тяжелой воды для реактора ОК-190М была второй причиной остановки реактора ОК-180. К моменту остановки на заводе сменились руководящие кадры. Директором завода стал С.А. Аникин, главным инженером — А.Е. Тимофеев, заместителем главного инженера по производству — В.Ф. Гусев, по научной части и ядерной безопасности — Л.А. Шуваев. Главным механиком — К.Т. Василенко, главным электриком — И.Т. Наумов, главным прибористом — В.М. Бочарников, начальником службы «Д» — Н.Н. Костеша, начальником транспортного отделения А.М. Чариков, начальником хим. лаборатории — О.М. Орликова, начальником КБ — П.В. Сахаров.

Реактор ОК-180 являлся первым промышленным тяжеловодным реактором в нашей стране, поэтому была оправдана его сравнительно небольшая мощность. Персонал приобрел необходимый опыт в его эксплуатации. Выявленные недостатки были учтены при проектировании и строительстве следующего тяжеловодного реактора ОК-190.

РЕАКТОР ОК-190

Реактор ОК-190 представлял собой естественное продолжение и развитие реактора ОК-180. Поэтому его главным проектантом, главным конструктором и научным руководителем были те же организации, что и у ОК-180 (ЛГС, ОКБ завода № 92, ТТЛ АН СССР).

Реакторный комплекс был размещен в подземном здании 401 А, примыкающем к зданию 401 с реактором ОК-180. Оба реактора в комплексе образовали Завод № 37.

Строительство реактора ОК-190 было начато 6 октября 1953 г. и закончено 29 октября 1955 г. Физический пуск реактора был осуществлен 27 декабря 1955 г. Начальниками смен в это время были Н.П. Карбовничий, Б.А. Кудрявцев, Ю.А. Соловьев, К.А. Третьяков, руководителями завода и его подразделений:

Д.С. Юрченко — директор завода,

Г.С. Цветков — главный инженер,

А.Е. Тимофеев — заместитель главного инженера,

Л.А. Шуваев — научный руководитель,

Н.В. Алексеев — главный механик,

В.И. Сурков — главный электрик,

В.В. Мукин — главный приборист,

А.П. Донкина — начальник службы «Д»,

Г.Ф. Сафаров — начальник транспортного отделения,

Е.А. Ломовцева — начальник химической лаборатории,

Г.Я. Занин — начальник КБ.

Реактор ОК-190 находился в эксплуатации около 10 лет. Персонал, пускавший его в работу, уже имел опыт аналогичной работы на первом тяжеловодном реакторе ОК-180. Однако с первых дней коллектив ИТР и рабочих, занятых на реакторе ОК-190, столкнулся с новыми проблемами и трудностями. Эти трудности были связаны с особенностями нового реактора, недостатками его проекта, а позже (с конца 1959 г.) с течью тяжелой воды. Попытки устранить протечки тяжелой воды предпринимались несколько раз. Проводились специальные ремонты, но положительных результатов они не дали. В результате протечек тяжелой воды создалась неблагоприятная дозиметрическая обстановка, которая усугублялась недостаточной защитой верха реактора, невысоким качеством загрязняемой продукции и некоторыми

другими обстоятельствами. Основной причиной остановки реактора явилась утечка тяжелой воды. Тем не менее, по мере накопления опыта, более глубокого изучения процессов, происходящих в реакторе, налаживания всех обслуживающих систем эксплуатационный персонал освоил режим, связанный с использованием обогащенных урановых блоков, достиг и превзошел (в 2 раза) проектную мощность, увеличил производительность труда и выполнил поставленные перед ним задачи.

В октябре 1965 г. реактор ОК-190 был остановлен. На момент остановки этого реактора ОК-180 руководили заводом и его основными подразделениями те же лица, которые указаны выше. В 1970 г. впервые в мировой практике корпус реактора ОК-190 был извлечен из шахты и захоронен.

РЕАКТОР ОК-190М

Строительство реактора ОК-190М было закончено в марте 1966 г., в апреле этого же года он вышел на проектную мощность. Реактор ОК-190М, как и его предшественники, реакторы ОК-180, ОК-190, работавшие ранее на заводе, являлся в свое время единственным в СССР промышленным тяжеловодным реактором. Его уникальные параметры позволяли кроме основного продукта получать различные радиоактивные изотопы, используемые в народном хозяйстве и идущие на экспорт.

Осенью 1966 г. была обнаружена течь тяжелой воды из корпуса реактора через образовавшуюся неплотность. С этого времени велись непрерывный контроль протечек тяжелой воды из реактора, ее сбор, очистка и возврат в реактор.

Поскольку тяжелая вода уходила из контура как в виде паров, так и в виде жидкости, для ее улавливания пришлось разработать и смонтировать дополнительные системы вентиляции. Благодаря этому безвозвратные потери тяжелой воды были невелики. Величина протечек постоянно возрастала, и концу 1969 г. суточный слив составлял около 850 кг.

В апреле 1970 г. был проведен эксперимент по переводу всех циркуляционных насосов на минимальное число оборотов (750 об/мин). При этом течь снизилась с 1100 до 500 кг в сутки. Насосы были оставлены в этом режиме.

К концу 1970 г. течь снова выросла до прежней величины.

Было установлено, что основной причиной роста течи тяжелой воды являются термокачки, связанные с колебаниями мощности при проведении технологических операций или срабатываниях аварийной защиты. Теперь вся деятельность персонала была направлена на снижение колебаний мощности, т. е. термокачек.

Группа работников завода (В.Ф. Гусев, Л.А. Шуваев, П.В. Сахаров, Н.В. Иванов, Е.Я. Мастепан) разработала и внедрила специальные каналы, позволившие производить перегрузку поглотителей без снижения мощности. В.И. Карагодин, В.И. Гусев, Н.В. Иванов сконструировали приспособление для чистки фильтров без отключения насосов ЦН-11, т. е. без снижения мощности и термокачек.

Большой вклад в дело стабильной работы реактора с возрастающей течью из корпуса внесли начальники смен В.Н. Ивашенко, А.И. Изотов, М.И. Борисов, А.Ф. Коровенков, Ю.А. Крючков, Е.Н. Новоселов. В 1975 г. на реакторе начались массовые выходы твэлов из строя. Выход твэлов из строя характеризовался их распуханием, зависанием в ТК и разрушением. Реактор был досрочно перегружен, а изучение этого явления показало, что основной причиной выхода твэлов из строя явилось некачественное сцепление оболочки твэлов с сердечником при изготовлении, что приводило к отслоению оболочки, перегреву и разрушению твэлов. Нарушений режима эксплуатации реактора не было обнаружено.

Была изменена технология изготовления твэлов. В местах, где условия эксплуатации твэлов были наиболее тяжелыми, были установлены технологические трубы увеличенного диаметра, что позволило увеличить расход воды через них и снизить температуру. Эти меры дали положительные результаты.

В работы по исследованию причин зависания твэлов, их разрушения большой вклад внесли заместитель главного инженера комбината Л.В. Кириллов, заместитель главного инженера завода Г.В. Васильев, работники завода Л.А. Шуваев, Е.Я. Мастепан, Л.К. Мошкина, работники ЦЗЛ Н.Я. Русинов, И.Т. Березюк, Е.В. Будко, В.И. Постников, В.Н. Турдаков.

С течением времени течь тяжелой воды из корпуса реактора продолжала расти. Так как ее рост был непредсказуем, то не исключалась

вероятность возникновения аварийной ситуации при резком увеличении течи и невозможности поддержать необходимый уровень тяжелой воды в реакторе. В этом случае могла прекратиться циркуляция воды в реакторе, произойти ее вскипание с последующим расплавлением твэлов.

Для исключения подобной аварии в 1980 г. была разработана и смонтирована система подачи простой воды в подреакторное пространство. Все последующие годы эксплуатации реактор работал в щадящем режиме: на пониженном уровне мощности и с минимальным числом ее снижений. Параллельно отработывалась новая технология изготовления твэлов. В течение 37 кампаний (11.02.82–30.08.82) в реакторе была обработана партия таких твэлов. Замечаний по их стойкости не было.

В апреле 1983 г. произошла разгерметизация внутренней стенки бака водяной защиты. Вытекающая вода смешивалась с протечками тяжелой воды, что приводило к дополнительным трудностям в эксплуатации реактора.

Решением Министерства остановка реактора была намечена на окончание 44-й кампании, т. е. на апрель 1986 г. Как и при остановке реактора ОК-190, основной причиной ее остановки послужила прогрессирующая течь корпуса.

Корпуса обоих реакторов были изготовлены из сплава САВ-2Т и аналогичны по конструкции. Отсюда можно сделать вывод, что конструкция корпуса оказалась неудачной. До остановки реактора ОК-190М в 1985 г. в центральном зале здания 401А уже шла сборка корпуса реактора Л-2, который должен был заменить реактор ОК-190М.

16.04.86 реактор ОК-190М был заглушен и выведен из эксплуатации.

РЕАКТОР «РУСЛАН»

Реактор «Руслан» спроектирован и сооружен как альтернатива тяжеловодным реакторам, работавшим ранее на Заводе № 37. Генеральным проектантом реакторной установки был определен ВНИПИЭТ, генеральным конструктором — НИКИЭТ, научным руководителем — РНЦ КИ.

По конструкции это был реактор бассейнового типа, в котором теплоносителем и замедлителем одновременно является обычная (лег-

кая) вода высокой степени очистки (бидистиллят). Отвод тепла осуществляется по двухконтурной схеме.

Реактор размещен в здании 401 Завода № 37, где находится выведенный из эксплуатации реактор ОК-180. Окончание строительства и физпуск реактора «Руслан» были осуществлены в 1979 г., а 18.06.79 был произведен его энергопуск, когда мощность реактора была поднята до 10% проектной. Далее мощность постепенно увеличивалась и 04.12.80 достигла номинальной — проектной мощности.

Реактор используется для наработки основного продукта и радиоактивных изотопов. Работает в режиме кампаний. По окончании каждой кампании производится перегрузка топлива, а в течение кампании делается несколько остановок (8–10) для перегрузки поглотителей и выполнения ремонтных работ.

В ходе эксплуатации установки «Руслан» испытывались различные типы сборок-поглотителей, схем загрузки. Принципиальных серьезных недостатков в конструкции установки не было выявлено, но были отмечены некоторые факторы, осложнявшие эксплуатацию особенно в первые годы.

Большой доводки потребовала разгрузочно-загрузочная машина (РЗМ). Вследствие повышенной вибрации наблюдались случаи разрушения трубок в теплообменниках. Разрушенные трубки приходилось глушить и выводить из работы.

Со временем снижалась эффективность теплообменников из-за загрязнения внутренних поверхностей теплообменных трубок отложениями из продуктов коррозии железа и жизнедеятельности железобактерий. Для ликвидации отложений использовались различные моющие растворы и механическая чистка трубок. Однако желаемого эффекта при этом до сих пор достичь не удалось.

Много внимания пришлось уделить доработке СУЗ. Потребовала доработки конструкция центральной сборки. Кроме освоения работы камеры разделки кассет (КРК), работниками заводского КБ и ОГМ были сконструированы и смонтированы станки разборки рабочих кассет, кассет СУЗ и всех видов центральных сборок под слоем воды в бассейнах выдержки.

Транспортер, установленный в верхнем бассейне реактора, оказался неработоспособным,

так как его шариковые подшипники не выдерживали нагрузок, раскалывались и выходили из строя. Они были заменены на капролоновые подшипники скольжения. После это транспортер стал работать нормально.

Впервые на реакторе Завода № 23 была смонтирована и введена в промышленную эксплуатацию информационно-вычислительная система на базе ЭВМ М-6000. Это дало возможность более грамотно управлять реактором.

Поскольку реактор и внутрикорпусное оборудование работали без замечаний, по согласованию с 4-м ГУ мощность реактора была поднята выше проектной величины без превышения лимитирующих параметров и 02.12.85. мощность реактора стала 135% выше проектной.

В сентябре 1989 г. на реакторе были проведены первые опыты по легированию (облучению) кремния. В дальнейшем технология легирования была доведена до промышленного использования, и начиная с 1992 г. на реакторе выполняются заказы различных организаций по легированию кремния. В 1990—1992 гг. был построен цех по до- и послереакторной обработке кремния, а в 1993 г. он вступил в строй.

В июле-ноябре 1995 г. на реакторе был проведен капитальный ремонт, в ходе которого был выполнен большой объем работ по ремонту и реконструкции механического, электрического оборудования, систем КИПиА.

После капитального ремонта реактор выведен на мощность и работает до настоящего времени.

РЕАКТОР «ЛЮДМИЛА»

Генеральным проектантом, генеральным конструктором и научным руководителем этой установки были уже знакомые учреждения: ВНИПИЭТ (С.-Петербург), ОКБМ (Н. Новгород), ИТЭФ (Москва).

Реактор Л-2 был очередным тяжеловодным реактором с двухконтурной схемой охлаждения. Первоначально предлагалось, что он должен быть большой мощности с шестью петлями охлаждения и размещаться в новой шахте. Затем для сокращения капитальных затрат был рассмотрен и утвержден вариант строительства



Шахта хранения сборок на реакторе «Людмила»

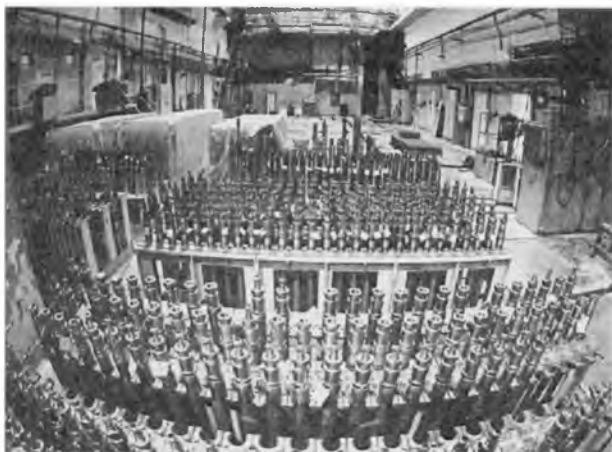
реактора в шахте реактора ОК-190, который был извлечен из шахты в 1970 г.

Предполагалось использовать 4 петли охлаждения с имеющимися теплообменниками и насосами ЦН-11. Этим решением фактически определялись мощность и некоторые элементы конструкции будущего реактора. Были определены сроки окончания 1-й очереди СМР (декабрь 1987 г.), срок остановки действующего реактора ОК-190М (апрель 1986 г.).

При обследовании бака водяной защиты, который должен был быть использован для реактора Л-2, на предмет возможности его ремонта, было установлено, что ремонт неплотностей (щелей) невозможен. Была сделана попытка заварить щель на внутренней стенке бака, но при этом образовывалась новая щель в непосредственной близости от места сварки.



Центральный зал реактора «Людмила»



Транспортное отделение реактора «Людмила»



Пульт управления реактора «Людмила»

Это объяснялось сильным охрупчиванием металла стенки под действием нейтронного потока за годы эксплуатации.

Стало ясно, что бак нельзя эксплуатировать с водой. Работниками завода было предложено заполнить бак пастой на основе графита. К работе было привлечено предприятие п/я А-1940, которое исследовало различные составы (пасты) для заполнения бака водяной защиты. В результате был разработан литой бетон повышенной теплопроводности, состоящий из жидкого стекла, кремнефтористого натрия, мелкозернистого графитового песка и графитового порошка — графитобетон (ГФБ). Для охлаждения графитобетона в баке была смонтирована система труб Фильда. После заполнения бака графитобетоном была произведена его сушка, которая закончилась в конце 1985 г.

До конца 1985 г. велись другие подготовительные работы, не связанные с остановкой действующего оборудования. Вследствие нехватки людей и задержек в поставках оборудования строительство затянулось.

Для контроля и координации работ на заводе была создана группа реконструкции под руководством заместителя главного инженера завода Г.В. Васильева. В состав группы вошли инженеры-технологи В.Г. Башарин, Г.П. Сурин, инженеры ОГП А.И. Верховод, С.А. Чугин, инженер ОГЭ В.И. Хрусталева, инженер ОГМ Н.И. Фирсов.

С сентября 1985 г. к курированию работ на Л-2 привлекаются работники отделов Управления комбината (Приказ № 174 от 18.09.85).

К концу 1987 г. работы по строительству реакторной установки ЛФ-2 были завершены. (Название реактора Л-2 трансформировалось в ЛФ-2 после переделки бака водяной защиты с установкой в него труб Фильда). 30 декабря 1987 г. начался физический пуск реактора, который был успешно завершён 31 декабря.

После этого началась подготовка к энергопуску, которая, в основном, заключалась в обкатке и отладке всех систем установки. После отладки систем приступили к энергопуску. 25.05.88 мощность поднята до 10% от проектной, а 21.06.88 — до 78%.

После выхода на мощность продолжалась доводка различных систем установки, уточнение технологических режимов, в том числе водно-химического режима. Подбором оптимального величины рН удалось снизить температуру оболочки блоков, что позволило превысить проектный уровень мощности более чем на 15% без превышения регламентированных параметров и замечаний. К концу 1988 г. был закончен энергопуск установки.

За это время серьезных недостатков в работе не было. Были выполнены необходимые работы по доводке отдельных систем и узлов оборудования, отработке режимов эксплуатации. До настоящего времени реактор ЛФ-2 находится в работе. В отличие от своих предшественников, реактор имеет стальной корпус.

На реакторе нарабатывается широкий спектр радиоактивных изотопов. В заключение необходимо отметить, что на указанных двух работающих реакторах Комбината — Заводе

№ 23, кроме целого ряда радиоактивных изотопов, нарабатывается третий — основной продукт, необходимый для ядерного щита страны.

В первую очередь нужно назвать людей, которые обеспечили строительство, ввод в эксплуатацию и стабильную до настоящего времени работу реакторов «Руслан» и «Людмила». Это — директор завода В.Ф. Гусев, главный инженер завода А.П. Жаров. Заместители главного инженера по производству Г.В. Васильев, П.В. Сахаров, заместитель главного инженера по научной части Л.А. Шуваев, главный механик В.П. Добряк, главный приборист И.В. Дроздов, главный энергетик И.Т. Наумов, начальник ОЗВиКГП И.И. Мальцев, начальник ОВиОБ Н.Н. Костеша и многие другие работники завода.

После вывода из эксплуатации реакторов АВ-1 и АВ-2 на заводе были созданы три конверсионных направления: легирование кремния, выпуск термоусаживающейся трубки и облуживание пленки, используемой при изготовлении различного рода источников тока. Общее руководство созданием этих направлений осуществлял заместитель главного инженера В.В. Малков. Большой вклад в разработку технологии легирования кремния внесли работники завода Р.А. Клестов, В.А. Бобин, Н.И. Пешков, Ю.А. Критевич, Ю.М. Трухманов, В.В. Тихомиров, М.В. Токарев.

Два других направления разработали и довели до практического использования И.Ю. Дубровин, А.В. Закаляпин, В.В. Рамзаев, К.Л. Ключков, Г.В. и А.В. Бариновы, М.Н. Терещенко, В.А. Лобода и др.

В настоящее время Завод № 23 имеет два стабильно работающих реактора и продолжает развивать и совершенствовать три конверсионных производства, а также заниматься могильниками радиоактивных отходов и выведенными из эксплуатации реакторами.

Руководителями завода и его основных подразделений, которые решают проблемы наполнения законсервированного завода, являются:

В.И. Садовников — директор завода;

П.В. Сахаров — главный инженер завода;

Е.И. Серов, А.П. Колегов, В.В. Малков и Д.Д. Додонов — заместители главного инженера;

В.П. Добряк, И.В. Дроздов, В.И. Ольховский — главные специалисты (механик, приборист, энергетик);

И.И. Мальцев — начальник отделения загрузки, выгрузки и комплектации готовой продукции;

М.А. Зайцев — начальник отдела радиационной и общей безопасности;

В.К. Кушков — начальник КБ;

В.А. Бобин — начальник отделения радиационнохимических технологий;

Е.А. Чесноков — начальник отделения спец. водогазоочистки.

Решающий вклад трудящихся Комбината № 817 в создание первой плутониевой ядерной бомбы, как и в создание серийного ядерного и термоядерного оружия, хорошо известен. Напомним лишь читателям, что руководство страны еще в 1949 г. за первую ядерную бомбу присвоило звание дважды Героя Социалистического Труда Б.Г. Музрукову. Главному инженеру Комбината Е.П. Славскому и главному инженеру завода Б.В. Громову были присвоены звания Героя Социалистического Труда,

Героями Социалистического Труда стали научные руководители объектов А, Б и В И.В. Курчатова, В.Г. Хлопина, А.А. Бочвара. Большая группа сотрудников Комбината была награждена орденами и медалями. Среди лауреатов Сталинской премии были также сотрудники Комбината, которые обеспечивали пуск сложнейших объектов.

Завод № 45

Созданию Завода № 45 предшествовала организация в 1950 г. группы «Р» в составе производственной лаборатории объекта «А» химкомбината «Маяк» и радиоизотопной лаборатории на предприятии п/я 0215 (Сунгуль) для производства осколочных изотопов.

За первые годы был налажен выпуск углерода-14, натрия-24, фосфора-32, серы-35, калия-42, кальция-45 и некоторых других мишенных радиоактивных изотопов.

Рост производства и улучшение качества продукции позволили вскоре поставлять источники γ -излучения кобальта-60 на экспорт. Наибольший вклад в развитие производства мишенных изотопов внесли: Е.Е. Кулиш, А.С. Калмыков, В.А. Федосеев, Ю.В. Денисов, М.И. Дроздова, З.И. Пахомов, Е.П. Каракулева, М. Я. Сахаров, Е. Я. Данильцын, Н. Л. Фатиева.

В лаборатории предприятия 0215 производились препараты стронция-89, стронция-90, иттрия-91, циркония-95, ниобия-95, рутения-106, цезия-137, церия-144. Осколочные радиоактивные изотопы выделялись из отходов от переработки облученных стандартных урановых блоков на лабораторных установках, имевших недостаточную биологическую защиту. Поставки изотопов измерялись десятками Кюри в год.

В разработку технологии на данном этапе наибольший вклад внесла группа молодых специалистов; В.А. Балакин, В.А. Фатьков, Ю.А. Малых, Ю.З. Прокопчук, И.Б. Шилова, А.К. Семенов, Л.М. Семенова, Н.М. Матвеев, Е.И. Волжанкин, Л.Т. Хорешко, Н.С. Хорешко, Л.С. Савченко, П.П. Чиненов, О.П. Лебедев, Н.К. Матющенко.

В 1955 г. лабораторию осколочных радиоактивных изотопов перевели с предприятия п/я 0215 на комбинат и включили в состав опытно-производственного цеха по получению «СК» и радиоактивных препаратов (начальник цеха А.С. Никифоров). С этого момента все сотрудники лаборатории основные усилия сосре-

доточили на совершенствовании технологии и установок для того, чтобы перейти от лабораторных методик и установок к опытно-производственным технологическим процессам и аппаратуре. Получение изотопов переводят на установку А-60 в 1956 г., а в 1957 г. в связи с ростом потребностей в цезии-137 было принято решение о размещении производства этого изотопа на установке I здания 188.

В это же время усиливается работа по созданию технологии и оборудования для производства источников излучения различных типов. Для расширения производства источников начато строительство комплекса «РИ». В разработку конструкции и технологии изготовления источников из цезия-137 наибольший вклад внесли: Л.С. Савченко, Ю.А. Малых, В.К. Каменецких, В.П. Чазов, И.А. Сеницына, А.А. Сыроватский.

Продолжали расширять номенклатуру выпускаемой продукции: начали поставки трития, в 1958 г. пущена в эксплуатацию установка по получению ксенона-133, в 1960 г. — установка по производству источников быстрых нейтронов. Начата большая работа по изготовлению тепловых блоков для радиоизотопных теплоэлектрогенераторов (РИТЭГ).

В связи с пуском комплекса РИ все подразделения комбината, занятые производством радиоактивных препаратов и источников излучения, включили в состав Завода № 45. Директором завода был назначен Ю.Н. Лаврентьев, главным инженером В.А. Балакин, заместителями главного инженера стали Ю.А. Малых и Ю.В. Денисов.

Введение в действие специализированных технологических цепочек по производству источников обеспечило быстрый рост производства и дальнейшее расширение номенклатуры изделий.

Мошный импульс к увеличению производства долгоживущих осколочных радиоактивных изотопов дало производство тепловых

блоков для РИТЭГ. В 1963 г. изготовлен тепловой блок «Бета-1» на основе церия-144 тепловой мощностью 135 Вт (электрической 4,2—4,4 Вт) а в 1964 г. выпущены головные образцы тепловых блоков «Дельфин-1» (2 блока по 80 000 Ки цезия-137) и «Бета-2» на 23 000 Ки стронция-90.

Наибольший вклад в развитие производства долгоживущих осколочных элементов и разработку технологии изготовления тепловых блоков внесли: В.А. Балакин, Ю.А. Малых, Н.А. Федоров, В.Т. Анискевич, Г.Я. Чепурков, Г.Ф. Плотнов, Л.С. Савченко, А.П. Шербин, сотрудники института радиационной техники А.А. Пустовалов, Л.В. Острецов, В.И. Лебедев, сотрудники института физической химии АН СССР Б.А. Зайцев, Н.Е. Брежнева, Г. В. Корпусов, Ю.С. Крылов, П.П. Назаров, Г.Б. Маслова.

Для осуществления космических программ требовались мощные источники энергии длительного действия. Для энергообеспечения первого советского лунохода был изготовлен тепловой блок на основе полония. В наибольшей степени высоким требованиям удовлетворяли тепловые блоки на основе плутония-238. Для решения этой задачи совместно с сотрудниками радиевого института была разработана и в 1973 г. внедрена сорбционная технология извлечения и очистки плутония-238 из облученных нептуниевых блоков.

Для постоянной наработки диоксида плутония-238 на заводе была построена установка 3. Параллельно разрабатывалась технология получения плутония-238 биомедицинского назначения из выдержанного диоксида плутония-238 и вскоре было налажено производство особо чистого диоксида, предназначенного для питания электрокардиостимуляторов «Ритм», обеспечивающих ритмичную деятельность сердца.

В дальнейшем, разработанная для биомедицинских целей, технология была использована для очистки выдержанного диоксида плутония-238, предназначенного на экспорт.

Наработка значительных количеств плутония-238 позволила приступить к изготовлению тепловых блоков. В 1973 г. совместно с Радиевым институтом была разработана конструкция и изготовлены восемь тепловых блоков «Жизнь», предназначенных для систем жизнеобеспечения на космических объектах. В 1977 г. изготовлены 78 изделий установочных

источников для электрокардиостимуляторов «Ритм».

Наибольший вклад в разработку технологии и организацию производства внесли: Ю.А. Малых, В.И. Светлаков, В.А. Баранов, Н.А. Федоров, Н.К. Матющенко, О.И. Трифонов, Н. М. Матвеевнин, В. Ф. Кириллов, Ю.Н. Покровская, Ю.И. Киселев и сотрудники Радиевого института В.И. Парамонова, Н. Б. Высокоостровская, С. А. Бартенев, Б.А. Червяков, сотрудники институтов радиационной техники и неорганических материалов В.М. Кодюков, А.А. Пустовалов, В.В. Федорев, Е.А. Данилкин.

Расширение номенклатуры выпускаемых изделий и увеличение объемов производства обеспечило улучшение экономических показателей завода. Так, за 9-ю пятилетку (1971—1975 гг.) производительность труда и прибыль увеличились почти в 3 раза.

Большой объем работ был проведен по созданию технологии выделения америция-241. В качестве исходного сырья использовались концентраты, полученные из выдержанного плутония в процессе химико-металлургического производства, и концентраты, полученные из отходов радиохимического производства. Первоначально технология основывалась на осадительных и экстракционных операциях, которые были связаны с большими затратами времени и не обеспечивали достаточно высокого выхода америция-241.

Затем, совместно с сотрудниками Института физической химии академии наук СССР, была разработана технология, основанная на использовании вытеснительной комплексообразовательной хроматографии. Данная технология обладает высокой производительностью и обеспечивает получение америция высокой чистоты.

Начиная с 70-х годов на первый план стала выходить проблема повышения качества и надежности источников. В 1976—1978 гг. разработана технология изготовления малогабаритных источников на основе стронция-90 повышенной надежности для установки на самолетах и вертолетах (БИС-МНА и т.п.), смонтирована цепочка камер и организован серийный выпуск изделий.

Внедрена новая, более совершенная технология изготовления источников на основе плутония-238 («ИРИПЛ»), на основе стронция-90 («ИРУС») для использования в радиационных

установках, на основе кобальта-60 («ГИМ-К»), предназначенных для внутрисполостной терапии и некоторых других. Введению двойного ампулирования существенно повысило надежность некоторых источников.

Большая работа проведена по организации производства тепловых блоков на основе стронция-90 («РИТ-90») с приемкой представителя заказчика. Поставлена значительная партия мощных тепловых блоков.

Наибольший вклад в работу внесли: В.А. Балакин, Ю.А. Малых, Н.А. Федоров, В.Т. Анискевич, Г.Я. Чепурков, Г.Ф. Плотнов, Л.С. Савченко, А.П. Щербин, сотрудники института радиационной техники А.А. Пустовалов, Л.А. Острецов, В.И. Лебедев.

В 1980—1990 гг. происходило интенсивное совершенствование технологических процессов производства всех основных видов продукции. Разработанные совместно с институтом физической химии АН СССР и внедренные методы выделения и очистки цезия-137 (основанные на использовании нового сорбента ФС-10) и протетия-147 (основанные на использовании вытеснительной комплексообразовательной хроматографии) позволили значительно увеличить производительность и повысить качество продуктов.

Внедрение упарки для концентрирования воднохлоридных растворов радиохимического производства снизило расход реагентов и увеличило выход продукта в технологии выделения стронция-90.

Проведена большая работа по усовершенствованию технологии производства углерода-14. Увеличена производительность установки и улучшено качество препарата. Ввод в эксплуатацию установки «Высота», предназначенной для выпуска тепловых блоков на основе плутония-238, существенно улучшил условия труда и увеличил производство изделий.

С 1990 г. происходит сокращение номенклатуры выпускаемых изделий и объемов поставок на внутренний рынок. Если в 1989 г. выпуск тепловых блоков на основе стронция-90 («РИТ-90») составлял 6,9 млн. Ки, то в 1991 г. всего 1,2 млн. Ки.

Изделий из плутония-238 для электрокардиостимуляторов планировалось выпускать по 20 тыс. в год, а выпущено (в соответствии с платежеспособным спросом) всего лишь 367 штук. Аналогичное падение спроса происходит и по другим видам продукции. Если в 1991 г. объем товарной продукции составил 87% к объему 1990 г., то в 1992 г. объем товарной продукции составил всего лишь 53,5% к уровню 1991 г. (в неизменных ценах).

Главным направлением в улучшении экономических показателей завода стало расширение рынка сбыта и увеличение объема продаж за рубежом. Для решения этой задачи созданы два торговых предприятия: с английской фирмой «Амершам» и российско-китайское предприятие «Юнчжу-Маяк».

В результате принятых мер, существенно возрос экспорт.

Если в предшествующей пятилетке (1986—1990 гг.) экспорт составлял 21,7% товарной продукции, в 1991 г. — 40,6%, в 1992 г. — 75,6%, то в 1995 г. — 93%.

Из приведенных данных видно, что в условиях глубокого экономического кризиса перспективы деятельности Завода № 15 почти целиком зависят от производства экспортной продукции (кобальт-60, углерод-14, цезий-137 и др.) и ее сбыта за рубежом.

Наличие опытного, квалифицированного персонала, уникальных технологий и оборудования позволяют надеяться, что завод займет достойное место на мировом рынке изотопной продукции и обеспечит дальнейшее развитие производства.

Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС)

ОНИС ПО «Маяк» создана для решения радиоэкологических и сельскохозяйственных проблем, направленных на снижение последствий радиационной аварии 29 сентября 1957 г. (приказ по МСМ № 0261 от 28 апреля 1958 г.).

Основные научные задачи, сформулированные при подготовке решения об организации ОНИС:

изучение миграции радиоактивных веществ в условиях радиоактивного загрязнения территории;

изучение накопления радиоактивных веществ в сельскохозяйственных продуктах;

агротехнические приемы снижения накопления радиоактивных веществ в растениях;

разработка рекомендаций по сельскохозяйственному использованию загрязненной территории;

изучение генетических последствий воздействия повышенного фона радиации на животных и растения в условиях радиоактивного загрязнения территории.

Общее научное руководство в решении проблем аварии 1957 г., а затем проблем радиоэкологии осуществляла секция № 8 научно-технического совета Минсредмаша (Минатома), которой последовательно руководили академик ВАСХНИЛ В.М. Ключковский, а затем академик АМН (РАМН) Л.А. Ильин.

В 1959 г. начальником ОНИС стал Н.А. Корнеев, кандидат сельскохозяйственных наук, имевший хорошую практику в организации исследований и большой научный опыт в вопросах кормопроизводства.

В это же время заместителем начальника ОНИС — ее научным руководителем был назначен кандидат биологических наук Е.А. Федоров, деятельность которого, до его безвременной кончины в 1987 г. (в должности начальника ОНИС с 1969 г.), благодаря большой эрудиции, знаниям и инициативе, определяла

научный и практический курс станции, ее успехи и достижения.

Секция № 8 НТС МСМ 15 марта 1960 г. по предложению Е.А. Федорова приняла решение о сельскохозяйственном использовании 5000 га загрязненных земель, закрепленных за Опытной станцией, под семенные участки. В 1960 г. было освоено 1000 га загрязненных земель, что позволило реализовать потом более 1000 т продукции и поставить на откорм 100 голов телят и 150 голов свиней. В начале февраля 1961 г. дирекцией предприятия было принято решение организовать в ОНИС товарное сельскохозяйственное производство, включая производство молока. В этом же году были освоены все производственные земли ОНИС на площади 10 тыс. га. Понадобилось только два года деятельности, чтобы научные разработки были воплощены в жизнь.

С 1961 г. ОНИС сочетала научную деятельность с крупномасштабным производством сельскохозяйственной продукции, предназначенной для обеспечения потребностей населения Озерска. Экспериментальное сельскохозяйственное производство включало 50 га орошаемого огородного участка на месте выселенной д. Кажакуль, 6 га защищенного грунта, до 1000 голов товарного молочного стада и 300 голов откормочного молодняка крупного рогатого скота. Поставляемая продовольственная продукция (картофель, овощи, молоко, мясо) соответствовала установленным санитарным нормам и, в расчете на единичный уровень радиоактивного загрязнения территории, была в несколько раз «чище», чем продукция хозяйств на прилегающей территории.

Научно-практические разработки ОНИС, Филиала № 4 Института биофизики МЗ СССР и других организаций явились основанием для принятия в это же время решения о восстановлении сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства на отчужденной территории Восточно-Уральского радиоактивного

следа с учетом необходимости обеспечения мер радиационной защиты населения. Это решение включало комплекс мер, состоявших из перепланирования системы землепользования, преимущественного производства мяса (свинина, говядина), всемерного исключения использования естественных пастбищ и сенокосов, внедрения специальных способов обработки почвы (в частности глубокой вспашки), агротехники, содержания и откорма животных. Некоторые меры были использованы и в лесном хозяйстве.

Возобновление хозяйственного использования загрязненной территории было начато в 1961 г. Внедрение модифицированных систем ведения сельского и лесного хозяйства осуществлялось организацией специализированных совхозов и лесхозов в Челябинской и Свердловской областях.

Возобновление сельскохозяйственного производства осуществлялось поэтапно. Вначале в эксплуатацию были введены угодья с плотностью загрязнения до 5—10 Ки на квадратный километр по стронцию-90, затем все более загрязненные земли. Полная хозяйственная реабилитация территории Восточно-Уральского радиоактивного следа была завершена к 1981 г. в результате ее в использование было вовлечено 82% ранее отчужденных площадей (около 90 тыс. га) с максимальной плотностью загрязнения 100 Ки на квадратный километр. На наиболее загрязненных землях в головной части следа, где размещается экспериментальная база ОНИС, в 1966 г. был создан Восточно-Уральский государственный заповедник.

Научно-практический опыт хозяйственной реабилитации больших территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, послужил основой для разработки соответствующих рекомендаций. Было подготовлено три издания таких рекомендаций (в 1963, 1968 и 1973 гг.).

Важным этапом в деятельности ОНИС является участие ее коллектива в работах на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Практически с первых дней аварийной ситуации в штабе по ликвидации ее последствий в г. Чернобыль приступила к работе группа специалистов ОНИС во главе с ее начальником Е.А. Федоровым.

В кратчайшие сроки были развернуты иссле-

довательские работы по изучению степени радиоактивного загрязнения 30-километровой зоны и прилегающих к ней территорий Украины, Белоруссии и России, по испытанию способов локализации радиоактивности на загрязненной местности применением почвообрабатывающих орудий и дезактивацией почв путем перемещения почвенных горизонтов. Проведен большой объем экспериментальных исследований по радиационному картированию загрязненных территорий и получена информация, необходимая для принятия оперативных решений Правительственной комиссией.

Опыт исследований на Урале позволил уже летом 1986 г. развернуть в Чернобыльской зоне работу комплексной экспедиции ОНИС под руководством Г.Н. Романова, оборудовать лабораторный стационар и измерительный комплекс, что позволило в короткие сроки провести анализ нескольких тысяч образцов и получить информацию, на основе которой были разработаны рекомендации по снижению последствий аварии на ЧАЭС в агропромышленной сфере и лесном хозяйстве.

В общей сложности с 1986 по 1990 гг. в этих работах приняло участие около 100 работников ОНИС.

Направления научной деятельности ОНИС осуществлялись в течение различных по длительности периодов времени, но, в целом, можно выделить следующие основные этапы:

1958—1964 гг. — становление; решение проблем, связанных с аварией 1957 г.;

60—70-е годы — разработка основ радиэкологии; военные аспекты;

80-е годы — радиэкологические принципы размещения и деятельности предприятий атомной промышленности и обращения с их отходами и побочной продукцией;

1986—1991 гг. — решение проблем, связанных с аварией на Чернобыльской АЭС;

после 1991 г. — решение проблем радиационно-экологической и хозяйственной реабилитации территории Уральского региона и площадки ПО «Маяк», радиационный мониторинг.

Успехи станции, ее научно-практический опыт определяются и тем, что в составе ее научного ядра длительное время трудились следующие ученые:

Н.П. Архипов — начальник лаборатории до

1987 г., кандидат биологических наук, лауреат премии Совета Министров СССР.

Н.И. Буров — начальник лаборатории до 1985 г., кандидат биологических наук.

Б.С. Пристер — начальник лаборатории до 1979 г., кандидат, затем доктор биологических наук, лауреат Государственной премии.

Г. Н. Романов — начальник лаборатории, с 1969 г. — заместитель начальника ОНИС, с 1987 г. — начальник ОНИС, кандидат технических наук, лауреат Государственной премии.

Л.Н. Тюменев — начальник лаборатории до своей кончины в 1980 г.

Е.А. Федоров — кандидат биологических наук, лауреат Государственной премии, начальник ОНИС до своей безвременной кончины в 1987 г.

Кроме того, нужно отметить научную работу наиболее активных сотрудников, трудившихся в ОНИС в разные периоды ее существования:

заместитель начальника ОНИС Д.А. Спирин;

начальники лабораторий Г.И. Антоненко, В. В. Базылев, А. С. Бакуров, А. С. Воронов, Н. Д. Зуев, В. С. Каргаполов, А. Я. Коготков, Г. С. Мешалкин, Н. Н. Мишенков, В. М. Перевезенцев, И.Г. Тепляков;

научные сотрудники В.Ф. Гольцев, Т.А. Григорьева, А.И. Гришин, Т.Б. Егурнева, Т.Л. Коженикова, А.В. Маракушин, Е.М. Николаева, Н.Н. Пещерова, В.М. Плесцов, В.И. Полякова, Р.П. Пономарева, Е.Р. Рябова, В.А. Уханова, Л.Т. Февралева, Т.А. Федорова, Е.В. Филатова, Г.П. Шейн, В.П. Шилов, З.И. Шумилина.

Радиозкологи, «воспитанные» на Уральской земле, составляют сегодня руководящее ядро в радиозологии в России и на Украине. ОНИС — одна из немногих научных организаций, которая имеет опыт изучения последствий двух наиболее крупных радиационных аварий (кыштымской и чернобыльской). Этот опыт не оценим, и он должен быть востребован отечественной и мировой практикой радиационной защиты населения и восстановления окружающей среды.

Станция проявляет сегодня много инициатив в создании и реализации проектов двустороннего и многостороннего сотрудничества в области наиболее важных направлений радиозологии, связанных с обеспечением радиационной безопасности населения и живой природы. В качестве примера можно назвать совместные Российско-Норвежские и Российско-Американские проекты по изучению радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Формирование и развитие Завода № 22 с 1948 по 1980 г.

А. А. Грибов

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Объект водного хозяйства, как структурное подразделение, был создан приказом по предприятию от 19.01.48 при назначении на должность начальника хозяйства П.И.Павлова, который до прибытия на объект работал заместителем начальника треста водоснабжения Ленинграда. С этого момента объект, именуемый «площадка 22», стал называться «хозяйство Павлова».

Строительство основных сооружений объекта началось в 1947 г. Проектные разработки были выполнены в 1946 г.: по насосным станциям — Ленинградским институтом ГСПИ-11, по сооружениям химводоподготовки — Всесоюзным технологическим институтом им. Ф.Э. Дзержинского Министерства электростанций под руководством Ф.Т. Прохорова и главного инженера проекта С.Г. Морозова (ГСПИ-11).

С 25 февраля 1948 г., в соответствии с приказом по предприятию, началось производственное обучение персонала. Значительный вклад в дело подготовки персонала внес Ф.Т. Прохоров, который вместе с главными специалистами объекта принял самое активное участие в чтении лекций, проведении практических занятий на рабочих местах.

Первыми руководителями подразделений объекта были назначены В.Н. Вяткин — начальник цеха химводоподготовки, Н.Н. Сапфирский — главный энергетик, А.З. Субботин — главный механик.

В состав «хозяйства Павлова» вошли:

береговая насосная станция — 1-й подъем, здание 20 с донным водозабором, с насосами 18 НДС, 14 НДС, 12 НДС и распределительной подстанцией 6 кВ для подачи воды в здание химводоподготовки, а в дальнейшем циркуляционной воды (СВ) на ТЭЦ в здание 27 и

для обеспечения нужд химического производства объекта «Б» в здание 140;

здание 22 цеха химводоподготовки, в котором проводилось осветление воды на самотечных кварцевых фильтрах, умягчение катионированием с коррекцией рН — получение химочищенной воды (ХОВ) для объекта «А» и подготовка котловой воды для ТЭЦ; часть осветленной воды (СВ) насосами машинного зала здания 22 подавалась на объекты «А» и «Б»;

здание 25 с баками усреднителями ХОВ, выполняющими роль буферных емкостей перед насосной станцией 2-го подъема;

здание 26, 2-го подъема, с насосами 14 НДС и распределительной подстанцией 6 кВ, обеспечивающими подачу воды в баки аварийного запаса ХОВ здания 4;

насосная станция 3-го подъема — здание 5 с насосами 10НМКх2 с распределительной подстанцией 6 кВ, для подачи ХОВ из баков аварийного запаса здания 4 на аппарат «А» в здание 1.

В качестве источника водоснабжения предприятия использовалось оз. Кызыл-Таш, в прибрежной зоне которого возводили основные сооружения объекта.

22.05.48 началась комплексная обкатка оборудования объекта водоснабжения с подачей расхода ХОВ рабочего хода на реактор А, что и является датой введения в эксплуатацию объекта водоподготовки.

19.06.48 первый промышленный реактор А был введен в эксплуатацию на заданном уровне мощности, объект водоподготовки обеспечил его бесперебойное водоснабжение.

16.11.48 был введен первый стандарт предприятия на химочищенную воду (ХОВ), который определил требования к технологии ее получения и показатели качества,

За пуск и освоение нового производства некоторые руководящие работники объекта и рабочие были награждены орденами и медалями СССР. Коллектив «хозяйства Павлова» после

пуска решал задачи дальнейшего увеличения мощности водоподготовительного оборудования. Узким местом в работе объекта являлись осветлительные безнапорные фильтры. Увеличение мощности по ОВ и ХОВ было достигнуто вследствие замены самотечных фильтров на напорные. К 1953 г. мощность по ХОВ была увеличена.

СОЗДАНИЕ ВТОРОГО ОБЪЕКТА ВОДНОЙ ГРУППЫ

С октября 1948 г. началось строительство реактора АВ-1 и объекта водоподготовки для него.

28 октября 1949 г. приказом по предприятию начальником объекта водоподготовки назначен А.М.Милорадов, работавший до этого начальником треста водоснабжения Ленинграда. Начинается формирование коллектива объекта (площадки 307) — «хозяйства Милорадова».

В состав «хозяйства Милорадова» входили следующие сооружения.

Береговая и заглубленная насосные станции (здание 318) с донным водозабором, вынесенным от береговой линии вглубь оз. Кызыл-Таш на 600 м, и коллекторным зданием 3186. Насосная станция обеспечивает подачу СВ на станцию осветления в здание 321 и на расширение ТЭЦ в здание 27. Для обеспечения проектной производительности устанавливается пять насосов 22 НДС, а для обеспечения ТЭЦ — три насоса 14 НДС. Монтируется подстанция 6 кВ, в качестве привода насосов устанавливаются синхронные электродвигатели, пуск их предусматривается реакторный.

Станция осветления (здание 321) с 56-ю скорыми кварцевыми фильтрами большой производительности типа АКХ для получения ОВ.

Станция второго подъема — здание 310 для подачи части ОВ на обессоливание и коррекцию рН в здание 307 с встроенной распределительной подстанцией 6 кВ и компрессорной станцией для взрыхления кварцевых фильтров здания 321. Пуск синхронных двигателей принимается реакторным.

Между фильтровальной станцией (здание 321) и насосной станцией (здание 310) устанавливаются три буферных емкости в здании 311;

Станция химической очистки и приготовления ХОВ (здание 307), включающая 99 Н-катионитовых фильтров и мерное хозяйство для

дозирования реагентов, подаваемых из хранилища реагентов здания 308.

Баковое здание, включающее пять баков для хранения аварийного запаса ХОВ для расхолаживания, выполняющих роль буферных емкостей перед насосной станцией 3-го подъема.

Насосная станция 3-го подъема — здание 305 с встроенной подстанцией 6 кВ, в котором устанавливаются насосы 10НМКх2 для подачи на реактор АВ-1.

15.04.50 г. был произведен физический пуск реактора АВ-1 с подачей технологической воды ХОВ и ОВ в проектном объеме.

12.06.50 г. приказом по 1-му ГУ за № 153сс был утвержден круг руководящих работников предприятия, в том числе и по объекту 307:

А.М. Милорадов — начальник объекта; А.А. Тарасов — главный инженер; В.В. Морозов — главный электрик; О.А. Васильева — начальник цеха химводоподготовки; Н.И. Байков — начальник цеха насосных станций.

Коллектив объекта 307 после пуска АВ-1 приступил к подготовке пуска второй очереди площадки 307: зданий 606 бакового с двумя баками ХОВ и насосной станции 3-го подъема зданий 603 с насосами 10НМКх2 для водоснабжения реактора АВ-2.

Для обеспечения заданного уровня водоснабжения на реакторы АВ-1, АВ-2 в здании 318 был установлен шестой насос 22 НДС, а на станции осветления в здании 321 увеличена скорость фильтрования от 7,1 до 10,5 м/ч.

23.04.51 г. реактор АВ-2 был введен в эксплуатацию, было обеспечено постоянное водоснабжение в заданном режиме. Параллельно шло строительство водной группы реактора ОК-180, полностью заглубленной насосной станции — здания 431 с четырьмя насосами 22 НДС, с донным водозабором, подстанцией 6 кВ и коллекторным зданием 432 в составе объекта 307. Пуск в эксплуатацию всего комплекса состоялся 17.10.51 г. с выводом на рабочий режим водоснабжения реактора ОК-180.

В декабре 1951 г. завершена прокладка водовода от здания 5 до здания 701 и в здании 5 выделяется один насосный агрегат для водоснабжения реактора АИ (22.12.51 г. состоялся его пуск в рабочем режиме). За успешное развитие и освоение нового производства Указом ВС СССР от 08.12.51 группа работников предприятия награждена орденами и медалями СССР.

В 1952 г. заканчивается строительство насо-

сней станции 3-го подъема (здания 503), для водоснабжения реактора АВ-3 по типовому проекту, как и зданий 305, 603.

Принято решение не строить дополнительных береговых насосных станций и зданий водоподготовки, а в целях сокращения времени и капитальных затрат произвести реконструкции существующего здания, проложить дополнительные водоводы на площадках 22 и 307. Производительность площадок 307, 22 по ХОВ на ноябрь 1953 г. в 1,5 раза превысила проектную.

СЛУЖБЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Озеро Кызыл-Таш, являясь источником водоснабжения предприятия, использовалось как охладитель, в него сбрасывалось большое количество тепла. Озеро стало загрязняться. Возникла необходимость изолировать его от р. Теча, источником которой оно являлось, обеспечить восполнение воды, расходуемой на испарение в процессе теплоотдачи в атмосферу, обеспечить сброс лишней воды, поступающей из вышерасположенных водоемов Иртяш, Касли и других в период паводков, обеспечить необходимый запас воды на засушливый период, решить вопрос максимального использования оз. Кызыл-Таш как испарителя. Кроме того, необходимо было обеспечить отвод поверхностного стока оз. Кызыл-Таш, хранение отходов химводоподготовки и производств предприятия.

Для решения этих задач строятся следующие гидротехнические сооружения:

1950 г. — плотина № 1 на перетоке из оз. Иртяш в оз. Кызыл-Таш;

1951 г. — плотина № 2 на истоке р. Теча из оз. Кызыл-Таш;

1951 г. — струенаправляющая дамба;

1953 г. — плотина № 3 ниже сброса промканализации на р. Теча;

1954 г. — реконструируется плотина № 4 в районе поселка Метлино на р. Теча.

Впоследствии сооружаются плотины № 10, 11 (создаются водоемы — хранилища отходов (3, 4, 10, 11).

Для эксплуатации гидротехнических сооружений, контроля за водоемами был создан участок гидротехнических сооружений, возглавил его А.Н.Першин. В распоряжение участка была передана метеостанция. Впоследствии

участок как служба гидротехнических вооружений вошел в состав объекта водной группы. Начальником его был назначен Р.А.Белокуров.

В январе 1954 г. группы водного хозяйства площадок 22 и 307 объединились в объект 22. Начальником объекта назначили А.М. Милорадова, главным инженером — А.А. Тарасова.

Узкое место — фильтровальная станция здания 321. Группой специалистов объекта во главе с А.М. Милорадовым был предложен вариант переделки однопоточного фильтра АКХ на двухпоточный, а Ф.Т. Прохоров предложил изменить фракционный состав загрузки. Внедрение обоих предложений привело к увеличению производительности фильтровальных станций зданий 321, 22.

В 1955 г. завершено строительство насосной станции 1-го подъема здания 451, коллекторных зданий 452, 470, 471 для водоснабжения сооружаемого тяжеловодного аппарата ОК-190. Строится фильтровальная станция (здание 837) на 12 скорых фильтров для обеспечения ОБ ОК-160, ОК-190 и производств группы «Б».

С 27.12.55 ОК-190 обеспечивается СВ из здания 451 и ОБ из здания 837 на рабочем режиме.

С 1952 г. на объекте под техническим руководством начальника электротехнической лаборатории канд. техн. наук В.В. Юхова проводились исследовательские работы по упрощению пусковых схем синхронных электродвигателей. Результаты этих работ позволили исключить реакторный пуск, перейти на глухое подключение возбуждителей, разработать и внедрить автоматическое регулирование возбуждения.

В этот же период разрабатывается устройство автоматического регулирования давления на насосных станциях 3-го подъема, что значительно облегчило работу персонала по поддержанию режима и обеспечению регулирования давления с большой точностью. Активное участие в этой работе от завода принимали: инженер В.К. Цыганков и мастер Д.Г. Нечпай.

Недостаток воды сдерживал наращивание мощности завода группы А. Получив некоторый резерв в фильтровальной станции (здании 321), обеспечить дальнейшее увеличение мощности было невозможно без расширения насосных станций 3-го подъема, где из 10 насосов работали девять, резерв составлял 10%, что

было явно недостаточно для надежной работы и проведения ремонта. Кроме того, была недостаточна мощность станции химочистки.

Для дальнейшего наращивания мощности вводится прямое подкисление, это высвобождает часть Н-катионитовых аппаратов в здание 307, которые после смены в них ионообменного материала на фильтрующий переводятся в режим осветления. Однако в 1957 г. приготовление ХОВ переводится на частичное подкисление ОВ Н-катионированной водой.

К концу 1959 г. в здании 22 два вертикальных безнапорных кварцевых фильтра заменили на горизонтальные напорные большой грязеемкости, восстановили 10 действующих самотечные фильтров. Бывшую насосную станцию циркуляционной воды ТЭЦ здания 21 подключили к коммуникациям СВ здания 22. Участок неиспользуемого циркуляционного водовода соединили с насосными станциями зданий 22, 26 и подключили к проложенному до здания 4 водоводу 0 1200. Это позволило значительно поднять производительность объекта по ХОВ. На насосных станциях 3-го подъема в зданиях 305, 603, 503 количество насосных агрегатов с 10 довели до 15.

Засоление озера сульфатами при работе по схеме прямого подкисления требовало ускорить реконструкцию, которая предусматривала коррекцию рН-ХОВ только Н-катионированием.

В 1960 г. началось строительство нового комплекса сооружений водоподготовки и пристроек к зданиям 4, 606.

С 1955 по 1961 г. в зданиях 22, 321 силами персонала бригады технологической автоматики под руководством мастера Д.Г. Нечпай была выполнена электрификация задвижек на напорных кварцевых фильтрах, схемы и аппаратура управления разрабатывалась и монтировалась на объекте. Это в значительной степени облегчило работу персонала и повысило надежность и эффективность работы фильтровальных станций. Для повышения стойкости технологических каналов аппаратов АВ за период с сентября 1960 по октябрь 1961 г. на объекте смонтировали оборудование бихроматных установок в баковых зданиях 4, 306, и началась подпитка ХОВ бихроматом натрия, что позволило снизить течи технологических каналов из-за коррозии.

В 1964 г. закончилось строительство и был

введен в эксплуатацию новый комплекс сооружений водоподготовки, который включал:

береговую насосную станцию 1-го подъема (здание 990) с шестью насосами 22 НДС;

фильтровальную станцию (здание 991) с 58-ю скорыми кварцевыми фильтрами;

станцию химической очистки и приготовления ХОВ (здание 992) с хранилищем реактивов, зданием 993.

Указанный комплекс обеспечил дополнительную подачу ХОВ на ОВ в баки здания 4, далее на аппараты А, АИ, АВ-3 и ОВ на объект «Б». Это позволило прекратить подачу ХОВ с площадки 307, где высвободившиеся резервы направлены на увеличение подачи ХОВ на аппараты АВ-1, АВ-2. К этому времени завершилось строительство пристроек к насосным станциям 3-го подъема зданиям 305, 603, 503 с установкой в них дополнительно трех насосов 28 М×2 с двигателями мощностью 3200 кВт в каждом здании.

К зданиям 4, 606 баков аварийного запаса ХОВ были сооружены пристройки с установкой в них сетчатых фильтров. Пропускная способность баков значительно возросла. Был решен вопрос гарантированного обеспечения аппаратов АВ ХОВ достаточного резерва по насосным и фильтровальным станциям.

В целях обеспечения очистки возросшего объема сбрасываемых в водоем 2 вод отмывки кварцевых фильтров зданий 321, 991 и вод взрывления ионитовых фильтров зданий 307, 992 вместе с вышеуказанным комплексом введено сооружение 973 — двухсекционный отстойник. Данное сооружение расположено недалеко от плотины № 2 в районе песчаного карьера, в прибрежной части канала горячих сбросов. В последующие годы отстойник оправдал свое назначение. Количество поступления взвешенных веществ в водоем с промывными водами значительно сократилось.

К 1964 г. были завершены работы по осуществлению перевода ряда насосных станций на групповое телемеханическое управление. Во многом этому содействовало упрощение пусковых схем синхронных двигателей вследствие введения автоматического регулирования и увеличения надежности их работы. Так, на щит управления насосной станции здания 451 было выведено управление двух других зданий 431, 318; насосная станция 2-го подъема (здание 26) управлялась из насосной станции здания 22

(машинный зал); здание 20 управлялось из здания 990.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

В целом, к середине 60-х годов коллективом объекта были решены задачи по увеличению мощности водоснабжения заводов А, Б и ДБ.

В дальнейшем пришлось решать вопросы совершенствования технологии водоподготовки, все они находились в неразрывной связи с качеством воды, получаемой из водоема 2, и зависели от его гидрохимического и гидробиологического состояния. Поэтому с самого начала работы водоем 2 являлся предметом пристального изучения, велся постоянный контроль за процессами, происходящими в нем.

Для этих целей привлекли руководимую А.А. Константиновичем Лабораторию № 4 ЦЗЛ, которая занимается изучением гидрохимического состояния водоемов. Привлекаются крупные научные силы: в 1959—1963 гг. на водоеме 2 работала экспедиция МГУ, которая выдала ценные рекомендации по сохранению водоема, по сокращению роста биомассы в нем, по борьбе с биообрастаниями на коммуникациях объекта и потребителей.

Длительная работа водоема 2 в качестве пруда-охладителя реакторного производства предприятия в замкнутом режиме без продувки и необходимость периодической подпитки свежей водой из водоемов 1 и 5 для компенсации испарения привели к постепенному засолению озера солями, поступающими с водами подпитки. Кроме упомянутого, значительное количество солей поступало со сбросами с объектов А, Б, ТЭЦ, с фекальными сбросами города и промплощадки, а также в период приготовления ХОВ прямым подкислением.

Концентрации коррозионно-активного хлор-иона в воде водоема 2 с 1949 по 1966 г. возросли с 20,0 до 60,3 мг/л, сульфат-иона с 24 до 138 мг/л и достигли значений, близких к разрешенным стандартом на ХОВ.

Отвод фекальных вод города в левобережный канал, перевод части фекальных сбросов промплощадки в водоемы 3, 4 за счет снижения поступления биогенных веществ в водоем 2, а также работа отстойника сооружения 973 оказали благоприятное воздействие на биохимический режим водоема и работу водоподго-

товительного оборудования. Для снижения биообрастания коммуникаций на объекте внедряется кислотная обработка поверхности баков аварийного запаса ХОВ и выносных фильтров зданий 4, 306, 606, 25, вводится обработка загрузки кварцевых фильтров большой грязеемкости сернистым газом, проводится эжектировка песка в скорых фильтрах, в дальнейшем эти методы отрабатываются и становятся неотъемлемой частью технологии.

С 1966 по 1968 г. на заводе проводятся исследования под руководством А.И. Егорова (ВНИИ ВОДГЕО) на опытной полупроизводственной электродиализной установке по очистке сбросных регенерационных растворов от Н-катионитовых фильтров в здании 22, электродиализ не находит практического применения из-за дороговизны и недостаточной эффективности.

В 1968 г. на подающих трубопроводах баков аварийного запаса ХОВ в зданиях 4, 306, 606 монтируются сифоны в целях исключения опорожнения баков при отключении насосов 1-го подъема.

В конце 60-х годов перед объектом 22 ставится задача по водообеспечению и завершению махано- и электромонтажных, а также пусконаладочных работ на очистных сооружениях (площадки № 18) с одновременным внесением изменения в проект, выпущенный в 1956 г., и скорейшему их пуску. В июне 1972 г. очистные сооружения были запущены сначала на обкатку, а с 20 июня на нормальный технологический режим. Комплекс очистных сооружений предназначен для очистки радиоактивных нетехнологических сбросов заводов 23, 156, 235, 45. В него вошли приемные емкости 962а и 962б, насосная станция здания 962, отделение коагуляции с отстойниками, здание 963, отделения осветления ионообменной очистки (здание 964), реагентное хозяйство (здание 967).

В период, предшествующий пуску, и в послепусковой период на объекте с привлечением ЦЗЛ была проделана большая исследовательская работа по отработке технологии очистки нетехнологических сбросов. В дальнейшем исследования направляются на совершенствование и удешевление технологии, повышение коэффициента очистки, применение новых материалов:

В 1974 г. внедряется двухступенчатая очистка на ионитовых фильтрах и подача противо-

током (снизу) обрабатываемой воды на анионитовых фильтрах I ступени.

В начале 70-х годов установился засушливый период, который продолжался с 1973 г. по 1978 г. Запасы воды в водоемах Иртышско-Каслинской системы резко сократились. В целях экономии воды в водоем 2 были переведены фекальные сбросы города. Воды взрыхления ионитовых фильтров зданий 307, 22 были также переведены в водоем 2. Началась переработка воды из водоемов 30, 39. Все это, а также рост концентрации солей в водах подпитки из водоема из-за увеличившегося испарения привели к тому, что концентрация коррозионно-активного хлор-иона возросла с 60 мг/л в 1973 г. до 71 мг/л в 1978 г.

Для выведения хлор-иона из воды водоема 2 приняли решение перевести очистные сооружения площадки 18 с 1978 г. на выведение хлор-иона; мощность ОС по снятию хлор-иона составила 150 т/год. К 1978 г. мощность установки в здании 22 по выведению хлора возросла.

В 1978 г. был составлен прогноз изменения концентрации хлор и сульфат-ионов в воде водоемов 1 и 2, где было доказано, что стабилизации хлор-иона можно добиться только в том случае, если из воды водоема 2 выводить дополнительно 500 т хлора в год. С этой целью в 1979 г. в здании 307 десять фильтров были переведены на обессоливание с использованием анионитовой смолы Ан-31. За год работы содержание хлор-иона в воде водоема 2 стабилизировалось и составило около 70 мг/л.

В 1978 г. завершилось строительство нового комплекса сооружений для водоснабжения реактора «Руслан», в который вошли водоприемник (здание 492), насосная станция здания 493, коллекторное здание 494.

В соответствии с проектом было реализовано оригинальное решение — проходка канала горячих сбросов сифонными водоводами из шести труб $\varnothing 1420$ через дюкеры, уложенные в нем для подачи воды от водоприемного сооружения в приемную камеру насосной станции. Зарядка сифонов и поддержание вакуума предусматривались автоматически.

В насосной станции было установлено 6 мощных вертикальных насосов типа 32В с синхронными электродвигателями мощностью 3000 кВт. Насосная станция была построена с учетом расширения под установку дополни-

тельно четырех насосов для водоснабжения проектируемого реактора «Людмила».

В течение 1979 г. проводили обкатку оборудования и отработку режимов реактора «Руслан», а с 05.09.79 г. насосная станция была включена в рабочий режим.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

С момента создания объектов водной группы площадок 22 и 307 предусматривалась цеховая структура управления. Вскоре, после их объединения в объект 22, цеховую структуру упразднили, схема управления производством стала включать пять служб и 4 смены:

ПО — производственный отдел; ОГЭ — отдел главного энергетика; ОГМ — отдел главного механика; ГТС — гидротехнические сооружения; АХЧ — административно-хозяйственная часть; смены 1, 2, 3, 4, которые комплектовались персоналом ОГЭ, ПО, ОГМ.

Все подразделения подчинялись начальнику объекта и главному инженеру.

В результате проведенной реорганизации был сокращен управленческий персонал, достигнута гибкость управления водоснабжения предприятия. В 1976 г. объект получает статус завода. В схеме управления заводом вместо ПО и ГТС созданы цех химводоподготовки — ЦХВП и цех гидротехнических сооружений — ЦГТС. Штатная численность завода к 1980 г. составила 800 человек.

По мере развития производства на объектах водной группы отрабатываются новые формы организации и оплаты труда. В начале 50-х годов предусматривалась преимущественно сдельная оплата, а на эксплуатации — повременная. В связи с тем, что сдельная оплата ремонта не обеспечивала необходимое качество работ, она была полностью отменена в ОГЭ, ЦХВП и частично в ОГМ.

Постоянно проводилась работа по снижению норм на ремонте и расширению зон обслуживания на эксплуатации. Инициатором движения по расширению зон обслуживания выступает старший электрик насосной станции Н.В. Китаев.

С 1967 г. на заводе стали внедрять элементы научной организации труда. Применительно к установкам НОТ пересмотрели штатное расписание, численность, нормирование труда, организацию рабочих мест, их оснащенность,

установили эстетические требования к их оформлению. В результате этого очистные сооружения были введены в работу без увеличения общей численности.

В конце 70-х годов уделили большое внимание внедрению бригадных форм организации труда, применили нормированные задания для учета и оценки трудового вклада каждого рабочего. С 1980 г. завод начинает подготовку и перевод бригад на коллективную форму организации труда с распределением премии или приработка по КТУ — коэффициенту трудового участия.

ПЕРВЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ

ОБЪЕКТ 22

Начальники объекта:

С 19.01.48 по 06.02.53 — П. И. Павлов

С 06.02.53 по 01.01.54 — А.А. Тарасов

Главный инженер:

С 21.10.49 по 10.11.53 — В.П. Тарасов

ОБЪЕКТ 307

Начальник объекта:

С 11.10.49 по 01.01.54 гг. — А.М. Милорадов

Главные инженеры:

С 12.10.49 по 30.10.50 — А.А. Тарасов

С 01.11.50 по 01.01.54 — Т.И. Дашкин

Начальники объекта 22 (с 01.01.54 г. — объединенный, а с 1976 г. — Завод №22)

01.01.54 — 07.09.56 — А.М. Милорадов

27.06.56 — 24.03.60 — А.А. Тарасов

25.03.60 — 04.02.67 — В.И. Мерьков;

04.02.67 — 19.06.72 — И.П. Шевченко;

19.06.72 — 31.11.80 — С.И. Израилев;

С 01.12.80 г. — А.И. Семенюта

Главные инженеры:

01.01.54 — 26.06.56 А.А. Тарасов;

27.06.56 — 24.03.60 — В.И. Мерьков;

25.03.60 — 03.02.67 — И.П. Шевченко;

04.02.67 — 18.06.72 — С.И. Израилев;

10.06.72 — 31.11.80 — А.И. Семенюта;

С 01.12.80 г. — В.В. Ушаков.

История центральной заводской лаборатории

Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ) была организована в 1947 г. У истоков ее образования стояли видные ученые страны. Это с первых же дней определило высокий научно-технический уровень проводимых работ и заложило надежный фундамент на будущее.

Первоначально в состав ЦЗЛ входили три отдела: физический, химический и биологический, а также центральная служба контрольно-измерительных приборов и автоматики. Последняя в 1951 г. была выделена в самостоятельное подразделение комбината и ныне называется ОКБ КИПиА. Несколько позднее в августе 1954 г. биологический отдел был передан в систему Министерства здравоохранения, и стал филиалом Института Геофизики.

В состав физического отдела входили восемь лабораторий: радиометрическая, дозиметрическая, теплофизическая, нейтронной спектроскопии, ядерной спектроскопии, технологии ядерных реакторов, эталонно-арбитражная и металлографическая. Научноисследовательские работы в них проводились в основном под руководством И.В. Курчатова.

Сотрудники теплофизической лаборатории В.И. Клименков, А.И. Малов постоянно наблюдали за температурным режимом реактора, изучали изменение свойств графита под воздействием излучения, в том числе изменение геометрических размеров графитовой кладки.

Под руководством доктора физ.-мат. наук Г.М. Флерова сотрудники лаборатории нейтронной спектроскопии Е.Д. Доильницын и М.Я. Сахаров изучали эффективные поперечные ядерные сечения ряда практических важных делящихся материалов и химических элементов.

Сотрудники лаборатории ядерной спектроскопии В. И. Орлов, Б. М. Долишнюк, Г.М. Драбкин под руководством д-ра физ.-мат. наук Н.И. Русинова изучали изомерию ядер бария-137, ниобия-95, цинка-69.

Работники металлофизической лаборатории

А.Г. Ланин, И.Т. Березюк под руководством академика А. А. Бочвара и д-ра техн. наук А.С. Займовского изучали линейные размеры и типовое расширение облученных блоков после их испытаний в реакторе.

Сотрудники лаборатории технологии ядерных реакторов Ю.И. Корчемкин, А.К. Круглов, В.И. Нефедов под руководством д-ра физ.-мат. наук В.С. Фурсова проводили теоретические разработки для вновь вводимых реакторов, рассчитывали их критические параметры, накопление плутония и осколочных элементов при различных режимах работы аппаратов.

Работники радиометрической и арбитражной лабораторий И.А. Терновский, Р.В. Семенова, Я.П. Докучаев вели разработки более совершенных методов контроля альфа- бета- и гамма-излучений, обобщали опыт работы всех заводских лабораторий. Важность этих работ, прежде всего, заключалась в унифицировании систем и средств контроля на предприятии.

Работники внешней дозиметрии (лаборатория М.М. Башкирцева) изучали загрязнение радиоактивными веществами р. Теча, Исеть и близлежащих к комбинату озер, а также загрязнение рыб, донных отложений, растительного покрова и почвы. Уже в те далекие годы был поднят вопрос о том, к каким глобальным негативным последствиям может привести бесконтрольная практика обращения с радиоактивными отходами. Еще в 1952 г. Д.И. Ильиным (начальником ЦЗЛ) был поднят вопрос о строительстве плотины и о создании дополнительного водоема для снижения сброса радиоактивных веществ в открытую гидросеть, в частности, р.Теча.

Многие ученые разделяли это мнение. Однако, к величайшему сожалению, потребовалось еще немало времени, чтобы до конца осознать всю остроту проблемы обращения с радиоактивными отходами. В оправдание можно сказать, что все страны без исключения,

создавшие атомную промышленность, прошли этот печальный первый этап. На наш взгляд, эту сложную научно-техническую проблему можно и нужно решать сообща. Подтверждением этому могут служить результаты успешно проведенных экспедиций с норвежскими и американскими специалистами в районе деятельности ПО «Маяк».

В состав химического отдела входили пять лабораторий: химической технологии, радиохимическая, аналитическая, коррозионная и лаборатория спентехнологии.

Технологическая лаборатория (начальник В.И. Землянухин) занималась разработкой и внедрением цельно-ацетатной схемы переработки ядерного горючего вместо ацетатно-эфирной и ацетатнофторидной схем, создававших чрезвычайные трудности при их эксплуатации. Эта работа проводилась под руководством члена-корр. АН СССР Б.П. Никольского. Крупным успехом периода 1951—1954 гг. было изучение распределения осколочных элементов в цельноацетатной технологии, выполнено М.А. Араповой, А.В. Лупановой, Г.Д. Тороповым, что позволило в итоге значительно улучшить качество выпускаемой продукции. Группа Г.В. Халтурина в этот период начала исследования сорбционного процесса извлечения плутония из растворов облученного урана.

Под руководством академика А.П. Виноградова и д-ра хим. наук А.Д. Гельман проводились работы по изучению химии нептуния и америция, что позволило создать первые осадительные технологические схемы. В этих работах активно участвовали А.А. Чайхорский, Л.П. Сохина, П.И. Кондратов, Ф.П. Кондрашова и др.

Сотрудники лаборатории коррозии (начальник В.И. Балашов) Р.Д. Анашкин, Е.Н. Миролюбов, М.Д. Мещеряков, А.С. Зайцев исследовали механизм коррозии нержавеющей стали применительно к реакторному и радиохимическому производствам. Вопросами дезактивации оборудования в лаборатории занимались А.Т. Попова, О.А. Тюрина, И.Н. Власов.

В лаборатории спентехнологии (начальник О.С. Рыбакова) был выполнен огромный объем работ по получению высокоактивных концентратов осколочных элементов. Основные исполнители — инженеры Е.И. Сапрыкина, А.И. Ерофеев, Т.Г. Павлова, Р.Н. Шмакова, А.В. Долгова, М.Н. Ерофеева и др. В пусковой

период работы радиохимического завода (1949—1952 гг.) полностью подтвердилась правильность принятого решения о создании на комбинате собственного научного подразделения. Заметим, что это неоднократно доказывалось и в дальнейшем, при вводе в эксплуатацию новых установок и производств.

Основную роль в быстром решении аналитических задач на заводах Б и В сыграло личное участие ведущих специалистов — аналитиков академика А.П. Виноградова, докторов наук П.Н. Палея, В.К. Маркова и Л.В. Липиса. Сотрудниками ЦЗЛ А.А. Чайхорским, Н.А. Дербеневой, В.А. Михайловым были разработаны методы анализа плутония; Н.Д. Агаповой, Ю.И. Грызиным, А.Г. Аликперовым — методы определения урана; М.А. Араповой, А.В. Лупановой — радиохимические методы определения осколочных элементов.

В 1952 г. В.М. Таракановым был внедрен в практику спектрофотометрический метод анализа. Это был единственный в то время метод, позволявший определять плутоний независимо от изотопного состава и в присутствии других альфа-излучателей.

Таким образом, период 1947—1954 гг. стал периодом становления Центральной заводской лаборатории, утверждением собственного стиля научно-практических исследований.

В последующей деятельности ЦЗЛ можно выделить период 1954—1968 гг., связанный с усовершенствованием и интенсификацией технологических процессов на заводах комбината, и период 1968—1975 гг., связанный с реконструкцией и вводом новых производств. В эти годы коллектив ЦЗЛ пополнился большим количеством специалистов, закончивших престижные высшие учебные заведения страны. В дальнейшем, при их непосредственном участии, был выполнен целый комплекс научно-практических работ, позволивший во многом улучшить, а в некоторых случаях координально изменить существующие технологические передель. Среди них необходимо отметить Б.С. Захаркина, Е.Г. Дзекуна, В.А. Боровинского, Ю.Ф. Носача, М.А. Тунгусова, С.Я. Труханова, П.П. Чиненова, В.И. Гужавина, В.П. Уфимцева, В.Н. Кубасова, Д.Х. Копелиовича, Ю.В. Глаголенко, В.Д. Дементьева и многих других. В августе 1954 г. для лучшей координации работ была проведена реорганизация ЦЗЛ. Из 15 лабораторий было создано 5:

химико-технологическая (нач. В.И. Землянухин), физическая (нач. А.К. Круглов), радиометрическая (нач. И.А. Терновский), аналитическая (нач. М.А. Арапова), лаборатория очистки сбросных растворов (нач. Л.П. Сохина).

В 1960 г. был закончен цикл научно-исследовательских работ, выполненных М.И. Ермолаевым, Г.Д. Тороповым, Г.Б. Покровским, Ж.И. Норенко, что позволило существенно изменить технологию получения осадка дицетата урана и повысить степень разделения урана и плутония.

К 1954 г. на комбинате функционировало шесть промышленных реакторов. Перед физической лабораторией была поставлена серьезная задача по повышению мощности и надежности реакторного производства. На основании проведенных Ю.И. Корчемкиным, Г.Б. Померанцевым, А.К. Кругловым, Д.А. Матвеевым, В.А. Перегудовым нейтронно-физических и теплофизических расчетов совместно с работниками ИАЭ и ИТЭФ были определены оптимальные загрузки топлива и режимы работы промышленных реакторов.

Ю.К. Шуруповым были созданы уникальные инструменты для контроля состояния кладки. Н.С. Бурдаковым разработан и внедрен эффективный метод продувки кладки азотом. В результате ремонта графитовой кладки с помощью углеграфитовой пасты состояние дефектных ячеек и районов кладки значительно улучшилось.

В итоге весь цикл работ позволил значительно увеличить срок эксплуатации реакторов, одновременно повысив их надежность и безопасность. Мощность аппаратов возросла в несколько раз.

Основной задачей радиометрической и аналитической лабораторий в период 1954—1968 гг. было освоение новых методов контроля, новой аппаратуры. Специалисты радиометрической лаборатории И.А. Терновский, И.С. Осипов, В.И. Орлов, В.И. Шараланов, В.И. Хорев продолжали работы по повышению чувствительности и разрешающей способности аппаратуры, а также работали над освоением ядерно-спектрометрических методов анализа, внедрение которых позволило отказаться от трудоемких химических методов и проводить анализ суммы компонентов из одной пробы.

Сотрудники аналитической лаборатории

под руководством Н.Д. Агаповой, Л.А. Казаковой, А.И. Москвиной, Р.М. Третьяковой работали и внедрили высокочувствительный люминесцентный, экспрессный объемный, колориметрический и спектрометрические методы анализа урана. В.А. Михайловым были разработаны экстракционные методы выделения плутония взамен осадительных методов, что повысило точность и ускорило выполнение анализа.

С 1963 г. Н.И. Андреева, А.А. Баранова проводили работы по усовершенствованию методов спектрального анализа, в 1964 г. была начата разработка метода атомной абсорбции.

В 1956 г. на комбинате был пущен радиоизотопный завод. В этом же году в ЦЗЛ была организована лаборатория изотопов (нач. И.А. Терновский). Перед лабораторией были поставлены задачи разработки технологии выделения осколочных элементов, изготовления из них изделий, получения мишенных изотопов, а также разработки методов контроля и идентификации изотопов.

Над созданием технологии выделения стронция, прометия работал Ю.З. Прокопчук, автором технологии выделения технеция была М.А. Арапова. Разработкой технологии получения мишенных изотопов занималась О.С. Рыбакова, разработкой технологии получения радиоактивных газов — П.П. Чиненов, В.И. Гужавин.

В 1966 г. Д.Х. Копелиовичем были начаты исследования по разработке способов герметизации оболочек тепловых блоков и контроля качества сварных соединений. Разработкой методов контроля выпускаемой продукции завода РИ занимались сотрудники группы В.И. Шаралапова, а затем — Г.Б. Гасюка.

В 1956 г. была организована лаборатория по изучению физикохимических свойств радиоактивных аэрозолей и газов, по разработке способов очистки выбросов. В 1957—1958 гг. сотрудники этой лаборатории М.М. Башкирцев, Ю.А. Шестаков, С.Г. Попова провели работу по определению основных источников выброса радиоактивных аэрозолей. Позднее коллективом сотрудников под руководством И.А. Терновского (Р.В. Сомова, С.Г. Чухин, Ю.Д. Корсаков, Ю.А. Шестаков и др.), совместно с работниками ОНИС и Института прикладной геофизики, были разработаны и обо-

снованы нормы выброса радиоактивных аэрозолей для каждого завода.

Большое внимание сотрудники лаборатории уделяли работам, направленным на снижение выбросов радиоактивных веществ в атмосферу. С участием Ю.А. Шестакова, С.В. Кротова, В.Н. Кубасова, Г.И. Израилевой, Л.И. Баскова разработаны и внедрены методы очистки радиоактивных газов и аэрозолей. Это позволило снизить выброс газов из реакторов в 8 раз, выброс бета-активных аэрозолей радиохимическими заводами — в 10 раз, альфа-активных аэрозолей — примерно в 200 раз. Это было большим успехом коллектива исследователей ЦЗЛ. 29 сентября 1957 г. в 16 ч 20 мин местного времени на химкомбинате «Маяк» произошел тепловой взрыв емкости с жидкими радиоактивными отходами, результатом которого явилось радиоактивное загрязнение части территории Челябинской, Свердловской и Тюменской областей России. Сотрудники ЦЗЛ были в числе первых, прибывших на место аварии, а в дальнейшем и активно участвовавших в ликвидации ее последствий.

В 1958 г. была организована лаборатория внешней дозиметрии (начальник П.Ф. Долгов). Работники лаборатории обеспечивали дозиметрический контроль военно-строительных частей, населения, проводили дезактивацию дорог. Под руководством И.А. Терновского (начальника ЦЗЛ после Т.А. Середы) совместно с сотрудниками ОНИС были разработаны способы использования загрязненных земельных угодий, определены границы санитарно-защитной и наблюдаемой зон. Сотрудники лаборатории Ю.Д. Корсаков, М.Н. Ерофеева, Б.М. Семов, В.Я. Бронников продолжали работу по изучению гидрогеологического режима р. Теча и Исеть, распределению радиоактивных веществ в воде и донных отложениях, миграции радионуклидов с грунтовыми водами.

В 1965 г. была организована лаборатория коррозии (нач. Р.Д. Анашкин).

Сотрудники лаборатории осуществляли систематический контроль за состоянием действующего оборудования. Ш.Б. Верхоглазов и И.Т. Березюк для повышения стойкости оболочек твэлов внедрили сплав АМСН-2. На основании работ, проведенных Д.Х. Копелиовичем, В.И. Ивлевым, Л.И. Анашкиной, на заводах было внедрено оборудование из никелевых сплавов и титана. Таким образом, период

1954—1968 гг. характеризовался значительным расширением тематик исследований, проводимых сотрудниками ЦЗЛ.

В период 1968—1975 гг. основное внимание было уделено реконструкции и вводу в эксплуатацию новых видов производства, обеспечивающих дальнейшее улучшение условий труда и снижение радиоактивных сбросов и выбросов. Именно в это время интенсивно велись работы по созданию экстракционных схем переработки урановых блоков для выделения оружейного плутония и закладывались основы переработки отработавшего ядерного топлива энергетических и транспортных установок. В этих работах, возглавляемых Б.В. Никипеловым и Б.С. Захаркиным, активно участвовали В.А. Боровинский, В.П. Уфимцев, З.И. Апенюва, Е.И. Сапрыкина, М.И. Чумакова, В.М. Тараканов, Т.Г. Павлова, В.М. Стариков, П.П. Шевцев, Л.М. Рамазанов, Л.В. Гончарук и многие другие.

В 1968 г. была разработана, а в 1970 г. внедрена экстракционная технология извлечения плутония из облученных нептуниевых блоков.

Начиная с 1966 г. на промышленной установке Ф.П. Кондрашовой, В.А. Боровинским, Е.Г. Дзекунном, И.П. Дьяковым, П.Ю. Родченко и другими исследователями совместно с работниками завода и институтов проводились работы по созданию и оптимизации экстракционной технологии переработки урановых блоков. Работа закончилась пуском в эксплуатацию нового производства «южной нитки».

В 1970 г. на комбинате был принят в промышленную эксплуатацию новый химико-металлургический цех. Активное участие в усовершенствовании технологии химико-металлургического производства и технологии переработки твердых отходов и в пуске цеха принимали Ю.Ф. Носач, А.П. Суслов, Е.И. Андреев, В.И. Гужавин и др.

Рост производительности радиохимического производства, повышенные требования к вопросам охраны окружающей среды, потребовали нового подхода к выработке решений в части обращения с радиоактивными отходами.

В 1968 г. была организована лаборатория по отверждению радиоактивных отходов (начальник А.А. Константинович).

Благодаря настойчивой работе А.А. Константиновича, П.С. Чумакова, В.А. Бельтюкова, Е.В. Бровковой, Л.И. Баскова, С.А. Дуб-

кова и других в течение 1968—1972 гг. удалось создать работоспособную модель электропечи. С 1973 г. начаты работы по отверждению отходов на укрупненной установке.

Руководителями работ от комбината были А.С. Никифоров, А.А. Константинович, С.Е. Степанов. Полученные в ходе испытаний электропечи результаты позволили начать работы по проектированию опытно-промышленного производства по остекловыванию высокоактивных отходов.

Период 1975—1985 гг. запомнился многим вводом в эксплуатацию новых видов производства и прежде всего пуском в 1977 г. завода РТ-1 по регенерации отработавших твэлов АЭС и транспортных энергогетических установок.

Для отработки процесса была создана под руководством Л.П. Сохиной, Б.С. Захаркина, комплексная бригада, в которую вошли В. П. Уфимцев, П. П. Шевцев, А. Н. Филатов, Ж. И. Норенко, Б. В. Веселов, С. И. Ровный, Ю.Ф. Носач, А.И. Бобылев, А.А. Калиновский М.И. Кириллова. В результате большой кропотливой работы удалось достигнуть требуемых нормативно-технических показателей. В настоящее время единственный в нашей стране завод РТ-1 осуществляет переработку отработавшего топлива АЭС, атомных подводных лодок и ледокольного флота, а также научно-исследовательских реакторов. Постоянно ведутся работы по усовершенствованию и оптимизации всех технологических переделов.

В этот же период большой объем исследований был выполнен по разработке и внедрению высокоэффективных схем дезактивации основного и выводимого из эксплуатации оборудования. Большой вклад в разработку этих процессов внесли Ж.И. Норенко, Ю.В. Глаголенко, И.В. Емельянов, С.П. Ермолинский, В.И. Маслаков, Г.М. Медведев, П.Г. Киселев и др. Одновременно сотрудниками лаборатории физической технологии был проведен комплекс работ по подготовке и осуществлению пуска реакторов «Руслан» и «Людмила». Совместно с эксплуатационным персоналом были подготовлены технологический регламент, комплексная программа физических расчетов, инструкция по ядерной безопасности и другие основополагающие документы. Активное участие в пусковых работах принимали Н.Я. Русинов, В.А. Перегудов, М.И. Ксенда, Ю.В. Федоренко, В.А. Голуб-

кин, А.А. Колбин, Е.А. Парфентьев, Ю.М. Поволоцкий В.Н. Турдаков и др.

Значительный объем работ по определению ресурса уранграфитовых реакторов был выполнен Л. Л. Цветковым, Ю. Г. Мокровым, О.Б. Смирновым, Ю.М. Поволоцким и др. В дальнейшем результаты этих исследований легли в основу концепции вывода промышленных реакторов из эксплуатации. Эта проблема и на сегодняшний день остается актуальной.

К числу наиболее крупных успехов коллектива ЦЗЛ в последние годы следует отнести участие в подготовительных работах и пуске в эксплуатацию печи остекловывания высокоактивных растворов. Не все в этой работе происходило гладко. Первый промышленный образец печи проработал всего лишь год и был остановлен из-за технических неполадок, тем не менее за этот период было переработано 998 м^3 ВАО, получено $161,5 \text{ т}$ стекла с суммарной активностью $3,9 \cdot 10^6$ Ки. На второй установке, пуск которой состоялся в январе 1991 г., и которая продолжает успешно функционировать, сегодня переработано более 10 тыс. м^3 растворов, получено 2013 т стекла с общей активностью $2,4 \cdot 10^8$ Ки. В создание электропечи, ее совершенствование и поддержание в работоспособном состоянии внесли и вносят вклад сотрудники ЦЗЛ А. А. Константинович, В. А. Бельтюков, Г. М. Медведев, Н. П. Пятин, С. А. Дубков и многие другие.

Значительный объем работ в 1980—1995 гг. был выполнен лабораторией охраны окружающей среды (начальник лаборатории В. И. Шаралапов). Лаборатория была создана в 1977 г. (первый начальник Ю. Ф. Носач) для координации работ в области обращения с радиоактивными отходами, водными химическими выбросами и сбросами, внешней дозиметрии, прогнозирования аварийных ситуаций, аналитического и методического обеспечения проводимых исследований всех предприятий, входящих в систему 4-го Главного Управления МСМ. В этом нам видится признание заслуг и авторитета ПО «Маяк» и ЦЗЛ в области обращения с радиоактивными отходами. Особо хотелось выделить работы, связанные с гидрогеологическими и геохимическими исследованиями, проводимыми в районе расположения ПО «Маяк». Работы специалистов ЦЗЛ в этих направлениях получили международное при-

знание. В последнее время большое внимание уделяется моделированию возможных аварийных ситуаций в зоне деятельности ПО «Маяк», созданию моделей поведения радионуклидов в водных средах, их миграции и т. п. Участие наших специалистов в совместных международных проектах, в том числе по изучению влияния деятельности ПО «Маяк» на объекты окружающей среды, показало их высокий профессионализм и подтвердило надежность и достоверность результатов, представляемых нашими специалистами на суд общественности. Активное участие в этих работах принимают В.И. Шаралапов, Ю.Г. Мокров, А.Д. Денисов, П.М. Стукалов, А.К. Посохов, В.В. Мизина, Б.В. Шашков, В.И. Копытов и др.

Период с середины восьмидесятых годов, несмотря на безаварийную работу всех подразделений предприятия, во многом связан с осмыслением Чернобыльской аварии, в ликвидации которой принимали участие и сотрудники ЦЗЛ (А.Ю. Оленев, Е.Г. Дрожко, Ю.В. Глаголенко и др. Авария в Чернобыле, а также толкование ее причин поставила под сомнение профессиональные качества всех работников атомной промышленности, в том числе и специалистов ПО «Маяк». Чтобы убедить общественность в обратном, необходимо сделать наше некогда сверхсекретное предприятие открытым, показать, не скрывая, наши проблемы и наши возможности. Именно в это время был создан Центр по связям с общественностью, работу которого возглавил руководитель группы ЦЗЛ Е.Г. Рыжков. Многие сотрудники ЦЗЛ стали участниками проводимых школ и семинаров, где рассказывалось о деятельности ПО «Маяк». Эта работа продолжается и сейчас. И очень приятно, когда многие наши специалисты персонально приглашаются для участия в научных симпозиумах не

только в нашей стране, но и за ее пределами. За всем этим стоит кропотливый труд исследователей всей ЦЗЛ, всего предприятия. В настоящее время в ЦЗЛ работает 350 сотрудников, из них двое имеют степень доктора технических наук, а 31 — кандидата технических (химических) наук. Сотрудники ЦЗЛ являются авторами (соавторами) семи монографий, выпущенных в нашей стране, большого количества научноисследовательских отчетов, статей и докладов, а также изобретений и патентов. За некоторые работы авторскому коллективу, в который вошли сотрудники ЦЗЛ, присуждены Государственные премии. Это И. А. Терновский (дважды), В.С. Андреев, Е.И. Андреев, В.А. Перегудов, Ю.Ф. Носач, Н.С. Бурдаков, В.А. Боровинский, Р.В. Симова, Ю.А. Шестаков, Н.Я. Русинов, Б.С. Захаркин, В.П. Уфимцев. Многие гости в том числе и зарубежные, знакомясь с деятельностью ЦЗЛ, сравнивают ее с работой серьезного научно-исследовательского института. Это действительно так.

Практически во всех подразделениях ПО «Маяк» трудятся бывшие сотрудники ЦЗЛ, возглавляя ответственные участки работы. Так и должно быть, ЦЗЛ всегда была, есть и будет «фабрикой» высококвалифицированных специалистов. Из стен ЦЗЛ вышло 7 докторов и 89 кандидатов наук.

В ЦЗЛ, по-прежнему, приходят выпускники ВУЗов. Получить направление на работу в ЦЗЛ и оказаться полноправным членом ее коллектива считается престижным. Сейчас здесь работают дети и даже внуки тех, кто приехал на Урал в далекие сороковые годы. Это Н.П. Полунина, Н.А. Медведева, С.Ю. Шабуров, Е.Ю. Репина, С.Л. Левунин, Н.В. Кузина и многие другие. Связь поколений не прерывается, а это придает уверенность, что ЦЗЛ будет и впредь занимать самые высокие позиции.

Уральский электрохимический комбинат (УЭХК)

Ю.Л. Голин, Ю.П. Забелин, И.С. Израилевич, В.Ф. Корнилов, А.М. Петросьянц, Р.В. Эйшинский

ГАЗОДИФФУЗИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО В 1950—1987 гг.

1. Как уже указывалось, в том числе в книге «Создание первой советской ядерной бомбы»*, в 1949 г. на УЭХК (в то время Комбинате № 813) был введен в эксплуатацию завод Д-1 — первенец газодиффузионной технологии в СССР. Он был оснащен машинами ОК-6, ОК-7, ОК-8 и ОК-9 разработки ОКБ завода «Новое Сормово» (Нижний Новгород). Эти машины имели массовый расход 8, 30, 90 и 240 г/с соответственно и были оснащены фильтрами с проницаемостью $2,1 \cdot 10^{-3}$. Давление газа перед фильтрами составляло примерно 20 мм рт. ст.

Рост потребностей страны в высоко-обогащенном уране потребовал разработки более производительных и экономичных газодиффузионных машин, компрессоры которых прокачивали бы большие массовые расходы, а фильтры имели лучшие разделительные характеристики, что в значительной мере было связано со снижением их проницаемости.** Вместе с тем новые машины должны были быть более экономичными по металлоемкости, габаритам, стоимости, а для этого следовало поднять давление газа в машинах, что в свою очередь требовало более эффективных фильтров. Поэтому машины очередной промышленной серии Т-45, Т-46, Т-47 и Т-49 (разработки ОКБ Ленинградского Кировского завода) имели массовые расходы соответственно 350, 600, 1200 и 2200 г/с. При этом машины Т-45 и Т-46 были оснащены плоскими фильтрами с проницаемостью $1,7 \cdot 10^{-3}$ и работали при давлении 20—25 мм рт. ст., машины Т-47 и Т-49 имели трубчатые фильтры с проницаемостью $1 \cdot 10^{-3}$ — $1,15 \cdot 10^{-3}$, а давление газа до фильтров составляло уже 50—55 мм рт. ст. К тому же машины Т-46, Т-47 и Т-49 бы-

ли выполнены по более экономичной двухкомпрессорной схеме.

В 1950—1951 гг. на УЭХК был введен в действие завод Д-3, который был оснащен машинами Т-45, Т-46, Т-47 и Т-49. Этот завод на первом этапе был головной частью объединенного комплекса заводов Д-1 и Д-3, производительность которого в 6 раз превышала производительность завода Д-1.

Первыми руководителями завода Д-3 были М.Е. Ерошев, а затем В.Ф. Новокшенов и И.С. Парахнюк (впоследствии руководители АЭХК).

В 1952—1953 гг. был введен в эксплуатацию завод Д-4 с полным циклом производства 90%-го урана. В головной части завода Д-4 были установлены машины Т-49, Т-47 и Т-45. Для хвостовой части были разработаны новые машины малой производительности: ОК-19 (30 г/с, автор — ОКБ завода «Новое Сормово») и Т-44 (100 г/с, автор — ОКБ ЛКЗ). Оба эти типа машин были выполнены по одноконпрессорной схеме и оснащены плоскими фильтрами с проницаемостью $1,7 \cdot 10^{-3}$, давление газа до фильтров составляло около 20 мм рт. ст.

В 1954 г. был введен в эксплуатацию завод среднего обогащения СУ-3, на котором были установлены машины Т-47 и Т-49. Первыми руководителями объединенного завода Д-4 и СУ-3 были П.С. Микулович, А.И. Савчук.

В 1955—1957 гг. в работу был введен завод Д-5, на котором были установлены существенно более производительные машины ОК-26 разработки ОКБ завода «Новое Сормово» (массовой расход 8 кг/с) и Т-51 разработки ОКБ ЛКЗ (массовой расход 12 кг/с).

Фильтры машин ОК-26 и Т-51 имели проницаемость $0,75 \cdot 10^{-3}$ — $0,9 \cdot 10^{-3}$, давление газа до фильтров составляло 90—100 мм рт. ст. Удельная мощность машин ОК-26 и Т-51 была заметно снижена по сравнению с машинами Т-46, Т-47 и Т-49. Электродвигатель маши-

* Создание первой советской ядерной бомбы». М.: «Энергоатомиздат», 1995 г.

** За счет уменьшения радиуса пор.

ны Т-51 был полностью вынесен из вакуумной полости, при этом были применены специальные уплотнения вращающегося вала.

При включении в работу Завод Д-5 возглавляли П.С.Микулович, очень инициативный и энергичный инженер, С.А.Калитин (впоследствии начальник отдела ГУХО МСМ).

Отметим, что головные машины Завода Д-5 (Т-51, 1955 г.) по сравнению с головными машинами завода Д-1 (ОК-9, 1949 г.) имели массовый расход в 50 раз больше, производительность в 75 раз больше, удельные энергозатраты снизились в 3,5 раза, а масса и объем машин, отнесенные к производительности, уменьшились на порядок.

Выпуск продукции газодиффузионными машинами в 1957 г., после включения Завода Д-5, по сравнению с выпуском в 1950 г. возрос в 100 раз, а удельные затраты труда снизились в 60 раз. Однако газодиффузионные машины, как известно, весьма энергоемки. Достаточно сказать, что для обеспечения работы Завода Д-5 была построена мощная тепловая электростанция в Верхнем Тагиле.

2. При включении в работу в 1950—1957 гг. заводов Д-3, Д-4, СУ-3 и Д-5, а также в ходе дальнейшей их эксплуатации и модернизации на УЭХК были решены многие сложные научно-технические и организационные проблемы: устранены недостатки в конструкции газодиффузионных машин;

доработаны холодильники машин Т-51 и ОК-26 в целях избежания случаев попадания воды в вакуумную полость;

изучены и устранены причины выхода из строя рабочих колес машин Т-51 и ОК-26;

повышена надежность заднего подшипникового узла машины ОК-26 и оснащены системой оседания вала задние подшипники компрессоров машин Т-45, Т-47 и Т-49;

создана система эксплуатации и планово-предупредительного ремонта газодиффузионного оборудования, которое содержало не один десяток тысяч компрессоров с электродвигателями, обойм с фильтрами, холодильников, регуляторов, задвижек и т. д.;

создана консистентная смазка КС, а затем КС-Т, подобраны оптимальные режимы смазки подшипников компрессоров, и т. д.

Устранение дефектов машин, совершенствование методов обслуживания и ремонта, привело к значительному повышению надеж-

ности оборудования, к увеличению сроков службы компрессоров разных типов от исходных 1—3 лет до 5—6 лет; ресурс фильтров достиг 20 лет и более, при этом доля неработавшего по разным причинам основного оборудования («простой») снизилась примерно до 1%.

Были выполнены и организованы высокоэкономичные технологические схемы, включающие десятки тысяч ступеней и десятки технологических «полок». При атом соединительные трубопроводы проходили в специальных технологических галереях, которые были расположены между заводами Д-3, Д-4, СУ-3 и Д-5, находящимися друг от друга на расстоянии не сколько километров. Были созданы централизованные щиты технологического контроля. Была обеспечена безаварийная эксплуатация общей технологической цепочки: переходы на новые технологические режимы, обнаружение и ликвидация вакуумных неплотностей и т.д. Достаточно сказать, что был достигнут такой уровень вакуумной плотности, что суммарная неплотность сотен тысяч соединений элементов десятков тысяч машин технологической цепочки была эквивалентна проколу стенки иглой диаметром в десятые доли миллиметра. Было уделено внимание изучению причин и ликвидации помпажных режимов работы компрессоров машин ОК-26, Т-51. Кроме того, осуществлены разработка и внедрение технологий и методик:

сборки в обоймы десятков миллионов фильтров;

пассивирующей обработки машин, в особенности фильтров;

жидкостной регенерации фильтров;

промывки демонтируемого оборудования, позволяющей дезактивировать его до уровня, допускающего использование черных и цветных металлов в народном хозяйстве.

Были созданы и усовершенствованы высокопроизводительные и экономичные конденсационно-испарительные установки (КИУ), предназначенные для подачи в каскады исходного сырья, снятия с каскадов потоков высокообогащенного отбора и обедненного отвала. По мере роста производительности УЭХК совершенствовались технологии испарения, конденсации и очистки гексафторида урана и укупнялось оборудование, вместимость емкостей достигла 2,5 м³.

3. Единая технологическая цепочка, эксплу-

атация десятков тысяч единиц оборудования, разбросанных по нескольким промышленным площадкам, требовали общего технического и оперативного руководства. Основное производство, состоящее из нескольких технологических цехов, возглавлялось Управлением 27, в состав которого входили центральный диспетчерский пульт, производственно-технический отдел, наладочное бюро и другие подразделения. Руководителями Управления 27 в 1950—1980 гг. являлись И.Д. Морохов, Б.Ф. Алейников, Е.П. Шубин, их заместителями — Н. М. Сагалович, А. И. Савчук, В. И. Сергеев, Г. А. Иванов, Н.П. Бисярин.

Значительная часть вопросов эксплуатации газодиффузионных машин, их ремонта, устранения дефектов и т. д. решалась отделом главного механика, цехом ревизии и ремонтно-механическим цехом. Длительное время ими руководили: И.Н. Бортников, Н.Ю. Желтковский, В.Г. Кириллов, В.И. Бушенков, Д.А. Синякин, С.С. Самойленко, С.М. Бубнов, Д.И. Трахтенберг, Л.М. Опара, В.И. Долбилин, В.П. Шадыря и др.

4. В составе газодиффузионного производства на УЭХК важное место занимал химико-металлургический цех. Этот цех был основан на базе лаборатории и совместно с ЦЗЛ УЭХК и НИИ-10 разрабатывал и осваивал новое уникальное промышленное оборудование и технологии в следующих основных направлениях:

переработка высокообогащенного гексафторида (с 1950г.) в товарную окись-закись, а затем, начиная с 1958г., в металлический уран (Ленинская премия — П.П. Харитонов, Н.В. Ковалев, Г.С. Малинин);

регенерация урана из отходов производства, образующихся в процессе эксплуатации и ремонта (мочные растворы, осадители);

производство фтора для пассивирующей обработки и трифторида хлора для газовой регенерации фильтров.

Активную роль в обеспечении работы химико-металлургического цеха в первые десятилетия эксплуатации газодиффузионного производства на УЭХК сыграли Н.И. Романов, А.А. Привалов, Н.В. Ковалев, Ю.В. Карякин, В.Ф. Шумилов, В.Г. Аксютин, М.П. Нерушин, И.Ф. Максимкин, А.Т. Панкель и многие другие.

5. Эксплуатация газодиффузионного оборудо-

вания требовала разработки, серийного изготовления, установки и технического обслуживания большого количества специализированных приборов — датчиков давлений, расходов газа, приборов измерения вакуума, газоанализаторов, приборов централизованного дозконтроля и др. В этих целях на УЭХК были созданы специализированные приборные службы и лаборатория ОКЛ, а с 1961 г. — приборный завод с входящим в его состав ОКБ. Эти подразделения разрабатывали и изготавливали приборы не только для газодиффузионного производства отрасли, но также (впоследствии) для центробежного производства и, частично, для реакторов.

Активную роль при разработке, организации производства и эксплуатации приборов сыграли М.Л. Райхман, Б.В. Гуменюк, М.А. Маркман, В.Д. Зинченко, Г.И. Меньшенин, Н.Я. Лобынцев, В.А. Баженов, В.С. Косарев и многие другие.

6. Важное значение для безаварийной эксплуатации газодиффузионного оборудования имело правильное решение вопросов надежного электроснабжения, самозапуска газодиффузионных машин в случае перерывов в питании и т. д. В эти вопросы значительный вклад внесли руководители отдела главного энергетика и энергетического цеха Е.А. Унгвицкий, Ю.С. Просвирников, Н.С. Судницын, В.И. Камаганцев, Л.Л. Мойжес и др.

7. Были организованы специализированные службы радиационной безопасности (Г.В. Миролюбов) и ядерной безопасности (В.Е. Николаев). За десятки лет работы на УЭХК не было сколько-нибудь серьезных случаев нарушения ядерной и радиационной безопасности. Практически не было и случаев профзаболеваний, связанных с разделительным производством.

8. К 1957 г. на предприятии был завершен этап экстенсивного развития, т. е. роста производительности, снижения удельных капиталовложений, удельного расхода электроэнергии, стоимости эксплуатации вследствие установки все более мощных и эффективных газодиффузионных машин.

К этому времени были созданы все предпосылки для модернизации газодиффузионных машин, обеспечивающей рост их производительности без увеличения потребляемой мощности и производственных площадей при

сравнительно небольших дополнительных капложений.

В ходе развития теории газодиффузионного производства было показано, что наиболее эффективный путь модернизации заключается в замене основного элемента машины — делителя на более производительный. При этом улучшение разделительных свойств фильтров можно достигнуть в значительной мере за счет снижения их проницаемости, но для сохранения пропускной способности всего делителя необходимо увеличить в нем число фильтров обратно пропорционально их проницаемости.

Были разработаны предложения по изменению конструкции делителя — увеличению его высоты в 1,5—2,5 раза (для разных машин) и более плотной установки фильтров вследствие досверловки трубных досок.

Главное, что позволяло эффективно осуществить модернизации, это создание и развертывание массового производства высокоэффективных бескаркасных фильтров, обладавших гораздо более лучшими разделительными свойствами, существенно более высокой механической прочностью и многократно более низкой стоимостью по сравнению с ранее выпускавшимися каркасными и керамическими фильтрами. При модернизации вместо фильтров с проницаемостью $(1,15—0,75) \cdot 10^{-3}$ устанавливались фильтры с проницаемостью $(0,5—0,27) \cdot 10^{-3}$, а на втором и этапе даже с проницаемостью $0,225 \cdot 10^{-3}$.

Одновременно было увеличен массовый расход машины Т-51, и она небольшими доработками по сути дела была превращена в машину Т-52 (14 кг/с).

Первый этап модернизации был проведен в весьма сжатые сроки: со второго полугодия 1958 г. по начало 1962 г. При этом было подвергнуто модернизации около 5000 машин Т-47 и Т-49 и примерно 3500 машин ОК-26 и Т-51 заводов Д-3, Д-4, СУ-3 и Д-5. Все работы проводились без остановки заводов и без снижения выпуска продукции путем выключения машин для модернизации отдельными блоками.

На протяжении 1963—1970 гг. на машинах ОК-26 и Т-51 УЭХК проводился второй этап модернизации, связанный с установкой более производительных фильтров типа БКМ1 и БКМП при сохранении числа и начальной рабочей проницаемости их, а на машинах ОК-26 даже при некотором понижении начальной ра-

бочей проницаемости. Второй этап модернизации проводился по мере физического износа фильтров и при необходимости остановки блоков для ревизии компрессоров.

Выполнение первого и второго этапов модернизации, а также некоторых дополнительных мероприятий привело к повышению производительности газодиффузионного оборудования УЭХК примерно в 2 раза; при этом численность эксплуатационного персонала не изменилась, а потребление электроэнергии увеличилось незначительно, несколько возросла стоимость основных фондов. Отсюда производительность труда возросла почти в 2 раза, а удельные затраты электроэнергии и стоимости единицы работы разделения снизились почти на 40%.

При проведении модернизации были решены следующие серьезные научно-технические, производственные и организационные проблемы:

разработан и организован массовый выпуск бескаркасных фильтров с высокими разделительными свойствами;

осуществлены установка в делители и проверка качества установки десятков миллионов фильтров, доработка делителей, установка на компрессоры лабиринтных уплотнений, доработка холодильников и рабочих колес машин Т-51 и т. п.;

разработана и внедрена технология проведения пассивирующей обработки модернизированных машин, укомплектованных фильтрами со сверхтонкой структурой.

Проницаемость фильтров, использованных при модернизации машин Т-51 и ОК-26, была снижена по сравнению с проницаемостью фильтров завода Д-1 почти в 10 раз, а размер пор — в 30 раз.

При этом были обеспечены требуемая величина начальной рабочей проницаемости и высокая коррозионная устойчивость фильтров в ходе многолетней эксплуатации. Эти задачи решались главным образом в процессе изготовления фильтров; однако в условиях промышленного блока, содержащего более полумиллиона фильтров, требовалось обеспечить близкие условия пассивирующей обработки всех фильтров (в первую очередь по температуре). С этой целью была подобрана достаточно равномерная циркуляция фторной смеси (с помощью 4, 8, 11 компрессоров), обеспечен конт-

роль температуры фторной смеси на каждой машине, введен контроль и управление проницаемостью фильтров в ходе обработки, выдан регламент обработки по концентрации, температуре фторной смеси, по скорости снижения парциального давления фтора в конце обработки и т. д.

В реализации модернизации газодиффузионных машин важную роль сыграли коллективы завода фильтров, цехов эксплуатации, Управления 27, цеха ревизии и отдела 9.

В разработку теоретических основ модернизации большой вклад внесли Ю.М. Каган, М.А. Ханин, Б.В. Жигаловский, В.С. Карякин и другие, предложения по увеличению высоты делителя были сделаны Р. Б. Голубевым и Б.Ф. Алейниковым. Испытания блоков с модернизированными газодиффузионными машинами, предложения и отработка схем циркуляции фторной смеси, способов контроля и управления проницаемостью при пассивирующей обработке были выполнены сотрудниками наладочного бюро Управления 27 и лаборатории пассивации ЦЗЛ: Б.Ф. Алейниковым, Е.С. Семеновой, Р.В. Эйшинским, А.К. Власовым, Е. Н. Вагановым, Е. П. Можаяевым, А.П. Кнутаревым и др.

9. Газодиффузионное оборудование на УЭХК, а также на родственных предприятиях в 60-е и 70-е годы не достигло лучших мировых показателей, которые появились во Франции и США в 90-е годы.

Действительно, отечественные газодиффузионные машины были оснащены центробежными компрессорами, а не осевыми с более высоким КПД, как на Западе, давление до фильтров, а также производительность единичных машин за рубежом также были выше. Такое «отставание» было связано с тем обстоятельством, что, начиная с 1961 г., отечественная промышленность по разделению изотопов урана стала переходить на новый более эффективный и, значительно менее энергоемкий центробежный метод разделения изотопов урана. Поэтому начавшиеся было в СССР работы по созданию осевых компрессоров и газодиффузионных машин на давление 400 мм рт.ст. не были завершены. На Западе переход на центрифуги начал проводиться через 20 лет после того как был разработан в нашей стране.

По мере старения первых газодиффузионных заводов и наращивания производительности

центрибежных заводов проводился вывод из работы газодиффузионных машин с использованием освободившихся площадей для установки центрифуг.

С декабря 1955 г. практически с началом пуска завода Д-5 был выведен из работы завод Д-1; в 1966-1967 гг. были выведены из работы заводы Д-3, Д-4 и СУ-3. В течение 1970—1987 гг. были постепенно выведены из работы самые мощные и совершенные газодиффузионные машины ОК-26 и Т-51 на заводе Д-5.

В небольшом количестве диффузионные машины используются в настоящее время в очистительных каскадах. Отдельные элементы газодиффузионного оборудования (компрессоры, задвижки, регуляторы, трубопроводы, а также КИУ, приборы, вспомогательное оборудование и ряд технологий, например поддержания вакуумной плотности) были перенесены на центробежные заводы и, конечно, перенесен опыт персонала по эксплуатации раздельного завода.

10. Газодиффузионное оборудование на УЭХК включалось в работу ранее, чем на родственных предприятиях, поэтому многие разработки вначале осуществлялись на УЭХК и затем переносились на родственные предприятия, хотя, конечно, каждое из них внесло свой вклад в развитие отрасли.

Бесспорно, что УЭХК явился кузницей первых кадров для родственных предприятий. Некоторые специалисты и рабочие уехали и на строительство, пуск и эксплуатацию этих предприятий.

В 1952—1953 гг. перевелись на Сибирский химкомбинат (Томск-7) С. К. Сидоров, Н.В. Алявдин, М.Е. Ерошев, Ю.В. Роспусков, А.А. Колычев, А.Т. Кляшторный, Ю.А. Тараканов, З.А. Соколова и др.

В 1954—1956 гг. поехали на Ангарский электролизный химический комбинат В.Ф. Новокшенов, И.С. Парахнюк, Н.А. Штинов, Ю.В. Тихомолов, А.А. Пушкин, М.Ф. Карпушев, В.Г. Денисенко, А.И. Рыбинцев, Ю.Д. Гушин, Г.А. Гаврилов, Б.В. Мелихов, С.Ф. Ушаков, А.Ф. Савинов, В.В. Чернышев и др. В 1963 г. были переведены на АЭХК Б.Ф. Алейников, Б.С. Пужаев, А.М. Иванов, Р.В. Эйшинский, Ю.Ф. Кривоногов.

В 1957—1958 гг. на Электрохимический завод (г. Красноярск-45) уехали И.Н. Бортников, В.П. Сергеев, В.Г. Шаповалов, А.Ф. Михайлов,

Б.В. Роспусков, М.И. Бутылин, И.А. Банькин, Г.А. Емельянов, а позднее — Г.А. Гаврилов, Ю.Д. Гушин и др. Многие из переехавших стали руководителями на родственных предприятиях.

С 1950 г. Уральским электрохимическим комбинатом руководили (поочередно) директора А.И. Чурин, А.М. Петросьянц, М.П. Родионов, И.Д. Морохов, А.И. Савчук, В.Ф. Корнилов; главные инженеры: М.П. Родионов, И.Д. Морохов, А.И. Савчук, П.П. Харитонов, В.Ф. Корнилов, А.П. Кнутарев; заместители директора (главного инженера) по научной работе: И.К. Кикоин, М.В. Якутович, Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев.

СОЗДАНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОДИФфуЗИОННЫХ ФИЛЬТРОВ

Введение в эксплуатацию на Уральском электрохимическом комбинате (УЭХК)* на стыке 40—60-х годов первых газодиффузионных заводов по разделению изотопов урана требовало своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов и постоянно совершенствования диффузионных ступеней (машин). Однако развитие молодого газодиффузионного производства блокировалось несовершенством и низким качеством изготовлявшихся в то время (1950 г.) на Московском комбинате твердых сплавов и Электростальском Заводе № 12 металлокерамических и каркасных фильтров (пористых перегородок) — рабочих элементов диффузионных машин, на которых происходило разделение компонентов изотопной смеси. В техническом отношении это были весьма хрупкие (металлокерамика) или деформируемые (металлокаркас) изделия с невысокой разделительной способностью, сдерживавшие наращивание мощности и повышение экономичности диффузионных заводов. Поэтому в начале 1951 г. начальник тогдашнего 2-го Главного управления Министерства по атомной энергии (в то время Минсредмаша) А.Д. Зверев поставил перед учеными Центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) комбината весьма серьезную задачу: в кратчайшие календарные сроки создать отечественные фильтры с более высокими, чем у серийно вы-

пускавшихся под эгидой немецких специалистов, разделительными характеристиками.

Поставленная задача была невероятно сложна как в организационно-техническом отношении (из-за отсутствия каких-либо представлений о том, как это сделать), так и в плане кадрового обеспечения (вследствие отсутствия в стране соответствующим образом подготовленных специалистов). Тем не менее одновременно в нескольких лабораториях были развернуты исследования во всех мыслимых направлениях. Однако прошло немало времени, прежде чем группе сотрудников ЦЗЛ (Ю. Л. Голину, В.А. Каржавину и С.П. Чижик) удалось нащупать оригинальный способ электрохимического структурирования никелевых пористых сред (фильтров), открывший путь к улучшению их разделительных характеристик.

Срочно организованная по указанию А.Д. Зверева работа по опробованию и отработке найденного способа в производстве каркасных фильтров на Заводе № 12 привела в 1952 г. к созданию первых отечественных фильтров трубчатого типа с разделительными характеристиками, обеспечивавшими заметный прирост разделительной мощности диффузионных заводов (количества обогащенного урана) при замене старых фильтров на новые. Этому в известной мере способствовал и переход цеха каркасных фильтров на машинный способ нанесения порошковых суспензий на сетчатое полотно в так называемых лабиринтных устройствах. При этом пришлось пойти на отказ от бытовавших тогда несостоятельных представлений немецких специалистов о допустимых нормах (режимах) механического и термического воздействия на металл и пропрессовку пористой массы в ячейках сетки осуществлять за один «жесткий» прием вместо 700 «мягких» проходов-вальцеваний с промежуточными отжигами. Госкомиссионные испытания опытных партий фильтров, созданных руками российских специалистов, подтвердили их повышенную эффективность, и с 1953 г. начался их серийный выпуск. За эту работу ее авторы* были удостоены Государственной (тогда Сталинской) премии.

Вскоре вышел приказ А.П. Завенягина о

* Ранее Комбинат № 813.

* Включая работников цеха каркасных фильтров Завода № 12.

строительстве на Комбинате цеха по производству разработанных фильтров. Он был построен в рекордно короткие сроки. В конце 1954 г. им была выдана первая продукция.

Между тем развивавшаяся подотрасль требовала фильтров с все более и более высокими разделительными свойствами. Поэтому мысли ученых искали все новые и новые пути минимизации их пор и сужения распределения пор по радиусам, чтобы уменьшить долю проходящей через наиболее грубую их часть неразделенной изотопной смеси. В этом направлении было опробовано немало различных способов уменьшения размеров пор и упорядочения структуры пористой среды (забивка пор продуктами химических реакций*, использование для формирования пористых сред металлических порошков газофазной сырьевой природы**, смягчение режимов термической обработки металлических заготовок и др.). Однако никаких ощутимых результатов добиться долгое время не удавалось: либо эффект был мал, либо воспроизводимость результатов желала лучшего, либо коррозионная устойчивость оказывалась недостаточной.

Выход был найден лишь на путях реализации весьма плодотворной идеи об облагораживающем влиянии на характеристики пористых сред вводимых в базовый металл так называемых структурно-диспергирующих присадок (Ю.Л. Голин, Н.И. Большакова, В.А. Каржавин), которая привела к заметному уменьшению размеров пор и одновременной гомогенизации пористого тела фильтров (ликвидации «хвоста» крупных пор). В итоге стал возможным переход цеха каркасных фильтров на выпуск более высококачественной продукции для новых более мощных диффузионных ступеней. Этому в немалой степени способствовало и предложенное Ю.Л. Голиным решение о предварительном электротермохимическом пассивировании пористого тела фильтров кислородсодержащими соединениями объемнонаполненного типа.

Параллельно о этим решался вопрос о резком увеличении объема выпуска фильтров для комплектации строившихся газодиффузионных заводов в Сибири. С этой целью на правительственном уровне было принято решение

о строительстве на Комбинате крупного цеха по производству трубчатых керамических фильтров. В 1954 г. было начато его проектирование с размещением на площадке демонтируемого газодиффузионного Завода Д-1, а в 1955 г. — строительные монтажные работы.

Вместе с тем в начале 1955 г. получила развитие идея о разделении функций механической прочности и разделительной способности, которые выполняла пористая среда фильтров, с возложением первой на грубопористый каркас (подложку фильтра) и второй — на специально формируемый мелкопористый (делящий) слой, т. е. речь шла о создании так называемых двухслойных фильтров, первые опыты получения которых были выполнены еще в 1952 г. (Ю.Л. Голиным, В.И. Канунниковым и С.П. Чижиком). Грубопористую подложку предполагалось формировать из крупнозернистого (примерно 3 мкм) никелевого порошка методом проката и спекания, а мелкопористый (делящий) слой — из возможно более тонкого порошка, получаемого методом термического разложения соответствующих солей.

При постановке исследований одновременно ставилась задача добиться отхода от использования в технологическом процессе ручных операций с переходом к глубоко механизированному и автоматизированному производству. Для оперативного решения такой глобальной задачи в конце 1955 г. приказом директора Комбината была образована так называемая комплексная бригада, в состав которой вошли Ю.Л. Голин, В.А. Каржавин, В.Н. Лаповок, В.Д. Лурье, И.Д. Морохов, С.П. Чижик и М.В. Якутович. Каждый член бригады отвечал за разработку конкретного технологического процесса, элемента фильтра или решение того или иного организационно-технического вопроса. В частности, Ю.Л. Голин нес ответственность за выбор технологического сырья, превращение его в целевые порошкообразные продукты, их легирование и формирование делящего слоя; С.П. Чижик отвечал за разработку технологических основ прокатки грубопористой ленты-подложки; В.Д. Лурье — за разработку конструкций лентопрокатного, электролизного, термического, сварочного и прочего оборудования и т. д. В составе инженерного окружения бригады плодотворно трудилась группа молодых специалистов:

* Г. Я. Березин, В. А. Каржавин, Н. М. Макарова.

** Н.Г. Илющенко, С.В. Карпачев и др.

Е.А. Шадрин (отработка режимов непрерывной прокатки и спекания пористой бескаркасной ленты), Ю.С. Шерстобитов (исследование закономерностей получения никелевого порошка на электродах биполярных электролизных ванн), Е.Т. Матвеева (получение грубопористого порошка термическим разложением солей никеля), О.В. Чумаковский (выбор режимов термохимического оксидирования фильтров) и другие, и конструкторов: И.Ф. Бекетов, А.С. Козлов (разработка конструкции прокатного стана), Е.А. Щербаков (разработка конструкции печи для непрерывного спекания прокатываемой ленты), Е.Ф. Горынин (разработка конструкции биполярной ванны с механизированной разгрузкой получаемого дисперсного материала), М.А. Маркман (разработка конструкции автоматов контроля гидравлических характеристик фильтров) и др. В работе бригады встретились немалые трудности («нежелание» порошков прокатываться в пористую ленту приемлемой механической прочности, позволявшей протаскивать ее через длинноразмерную печь спекания; заклинивание в печи транспортирующих траповых устройств, пусковые неувязки на участке первых опытных биполярных ванн и т. д.), на преодоление которых пришлось затратить немало усилий.

К концу 1956 г. принципиальные моменты создания новых (условно названных бескаркасными) фильтров были решены, испытания в модельных условиях подтвердили их высокие эксплуатационные свойства (несравненно более высокую механическую прочность и возросшую разделительную способность) и на очередь дня стал вопрос об организации серийного производства таких фильтров. Ввиду их явного преимущества перед керамическими фильтрами Министерством среднего машиностроения было принято решение о приостановке работ по пуску на Комбинате цеха керамических фильтров и переориентации его на выпуск созданных бескаркасных фильтров.

В конце 1957 г. на свободных площадях цеха керамических фильтров был произведен запуск в работу опытно-промышленного участка бескаркасных фильтров, а в 1958—1959 гг. — демонтаж оборудования керамического производства и поэтапный ввод в строй технологических ниток производства двухслойных бескаркасных фильтров. Этому событию предше-

ствовали гигантский объем строительного-монтажных работ и изготовление в ремонтных цехах Комбината большого количества разнообразного нестандартного технологического и контрольно-испытательного оборудования, в разработке которого приняли участие коллективы конструкторского отдела и приборного завода комбината.

Ввод в действие технологических ниток проходил с большими трудностями. Нестандартное оборудование давало поначалу многочисленные сбои, сварочные автоматы отказывали в работе, отдельные партии электролизных порошков не прокатывались в ленту, спеченная двухслойная лента не сваривалась в трубки или сваривалась с многочисленными прожогами, разброс гидравлических характеристик фильтров был непомерно велик, а выход годной продукции слишком низок и т. д. Потребовались многие недели и даже месяцы упорной наладочной работы и ряд экстраординарных организационных мер вплоть до того, что разработчики фильтров сами вставляли на рабочие места и учили рабочих выполнять «строптивные» операции, прежде чем производственному персоналу удалось овладеть необходимыми технологическими приемами и начать выдавать кондиционную продукцию. Важную роль в пуске и наладке бесперебойной работы технологического оборудования сыграли Е. А. Шадрин, А. М. Денисов, О. Н. Желтов, В. Н. Жиронкин, А. М. Огородников, Э. В. Венедиктов, В. Г. Кириллов, О. В. Лебединский, Н. М. Полетаев и многие другие.

Переход к «ленточному» варианту технологии позволил механизировать весь процесс изготовления фильтров. Тем самым был совершен технический прорыв как в практике изготовления фильтрующих элементов*, так и в качестве самих фильтров, открывших реальные, впоследствии реализованные, перспективы перехода газодиффузионных ступеней на более высокие давления рабочего газа и резкого наращивания разделительной мощности газодиффузионных заводов.

Успех разработки двухслойных бескаркасных фильтров (эта работа в 1956 г. была удостоена Ленинской премии) и ввод в действие

* Технология непрерывной прокатки и спекания пористых металлических лент до сих пор нигде в мире не освоена.

крупного завода по их производству (первым директором завода был назначен член комплексной бригады В. Н. Лаповок, предопределили наряду с успехами в разработке новых мощных газодиффузионных машин, одну за другой несколько крупномасштабных модернизаций газодиффузионных предприятий страны. В менее эффективных каркасных, а тем более хрупких керамических фильтрах нужда отпала, и их производство на Заводе № 12 и Московском комбинате твердых сплавов было вскоре прекращено.

Созданием двухслойных бескаркасных фильтров дело не ограничилось. На протяжении последующих полутора десятков лет они постоянно совершенствовались, в технологию их изготовления вносились все новые и новые элементы новизны, которые в конце концов привели к появлению фильтров с разделительными характеристиками, близкими к теоретическому пределу (немалый вклад в эти достижения внесли молодые ученые и специалисты А. Н. Аршинов, Ю. М. Жуковский, С. Ю. Серых, Ю. С. Шерстобитов, Е. А. Шадрин, М. П. Климин, Н. Л. Гудимов, Ю. М. Котельников и др.). Завод бескаркасных фильтров непрерывно наращивал объем их выпуска, а газодиффузионные предприятия оснащали и переоснащали ими ступени своих разделительных заводов*. Несмотря на непрерывную минимизацию размеров пор делящего слоя, оптимизацией процесса его термической обработки и постоянным совершенствованием технологии предварительного пассивирования пористой среды, удалось обеспечить высокую надежность работы фильтров в чрезвычайно жестких (с точки зрения коррозионных воздействий) условиях эксплуатации с доведением их ресурса до 26 лет.

В течение этого периода некоторыми творческими группами и организациями предпринимались попытки изготовления двухслойных фильтров либо на грубопористой каркасной основе (Г. Я. Березин, В. А. Каржавин), либо с рабочим слоем из инертного по отношению к гексафториду урана материала методом механического его внедрения в поры бескаркасной основы (В. Х. Волков, М. П. Нерушин, В. Г. Николаев, К. С. Панюхина и др.), однако вследствие повышенной дороговизны (в первом слу-

чае) или быстрой забивки пор в рабочих условиях парами фторуглеродной смазки (во втором случае) они не получили промышленного применения (дело ограничилось лишь выпуском сравнительно небольшого количества фильтров с рабочим слоем из инертного материала для проверки их функционирования в реальных блоках газодиффузионных машин).

Со второй половины 60-х и до середины 80-х годов заводом фильтров руководили (последовательно) А. М. Денисов, А. Н. Аршинов и В. А. Раскатов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДИФФУЗИОННЫХ ФИЛЬТРОВ

Пуск первых каскадов диффузионных машин завода Д-1 в 1948 г. потребовал точного контроля обогащения урана ураном-235. Поэтому одной из главных задач Центральной заводской лаборатории, начиная с 1948 г., явилась разработка методов и аппаратуры для изотопного анализа урана. Один из первых методов для этого анализа был разработан в Лаборатории № 2 АН СССР Д. И. Воскобойником и В. Х. Волковым. Это так называемый электрометрический (а точнее, α -ионизационный) метод, основанный на измерении интенсивности α -излучения изотопов урана-234 и урана-238. Он был освоен вместе с переданной аппаратурой Комбинатом № 813. Впоследствии в ЦЗЛ комбината этот метод был значительно усовершенствован (Т. Г. Кандель, Н. И. Михайлов) и вплоть до начала 80-х годов использовался при определении разделительной способности ступеней диффузионных машин в блоках и отдельных центрифуг, не уступая по точности другим методам.

Вторым методом контроля в 1948 г. был так называемый осколочный (нейтронный) метод, использующий регистрацию продуктов деления урана-235 («осколков»), образующихся при воздействии на образец урана потока нейтронов радий-бериллиевого источника. Этот метод был разработан в Московском Физико-техническом институте (Л. И. Русинов, В. Б. Черняев). Специальная установка УИ-4 была изготовлена в Ленинграде и поставлена в ЦЗЛ комбината. На базе этих двух методов в ЦЗЛ была организована лаборатория радиоактивных методов анализа (первый начальник лаборатории Н. Н. Лушева, а с 1949 по 1963 г. — И. С. Израилевич).

* Соответствующие работы в 1983 г. были удостоены премии Совета Министров СССР.

Конструкция измерительной камеры и метода измерений на УИ-4, предложенные разработчиками, оказались неудачными и были существенным образом усовершенствованы в лаборатории (Х.М. Назвков, Б.Б. Лепорский). Однако этот метод, применявшийся для изотопного анализа твердых образцов с начала 60-х годов, был вытеснен более простым и производительным гамма-спектрометрическим методом (регистрация собственного γ -излучения урана-235), разработанным ИАЭ Ю.И. Щербиной. Изготовленные на основе разработок Ю.И. Щербины на «Приборном заводе комбината гамма-сцинтилляционные спектрометры СС-4, СС-5, СС-7 использовались в лаборатории радиоактивных методов анализа, а автоматические сцинтилляционные спектрометры СС-6 и их модификации наряду с масс-спектрометрами применяются для контроля технологического процесса на разделительных заводах. Однако основным методом для контроля изотопного состава урана в газовой фазе стал масс-спектрометрический метод, основным разработчиком которого был Н.А. Шеховцов, начавший эти работы в Сухуми и продолживший их в ЦЗЛ комбината, где с 1950 по 1962 г. он являлся начальником масс-спектрометрической лаборатории.

Вскоре после того, как в 1951 г. на комбинате начались разработки диффузионных разделительных фильтров, возникла необходимость определения разделительных свойств отдельных фильтров, поскольку для испытаний на блоках диффузионных машин требовались десятки тысяч таких фильтров. Эффект разделения изотопов урана на отдельном фильтре очень мал и поэтому было предложено использовать модельные смеси. Одной из первых модельных смесей для контроля разделительной способности фильтров была предложена смесь SF_6 -воздух, где в качестве радиоактивного индикатора использовался β -радиоактивный изотоп серы-35. Параллельно в лаборатории радиоактивных методов анализа был предложен β -ионизационный метод анализа с внешним источником β -излучения, который помещался внутрь ионизационной камеры, для анализа модельных смесей фреон-350 — воздух, фреон-12 — воздух и других аналогичных смесей, компоненты которых сильно отличались по молекулярной массе. Этот метод оказался очень удобным для изучения тонких

различий взаимодействия разных молекул со стенками пор (Х.М. Назюков, С.Н. Новиков, И.П. Гусева).

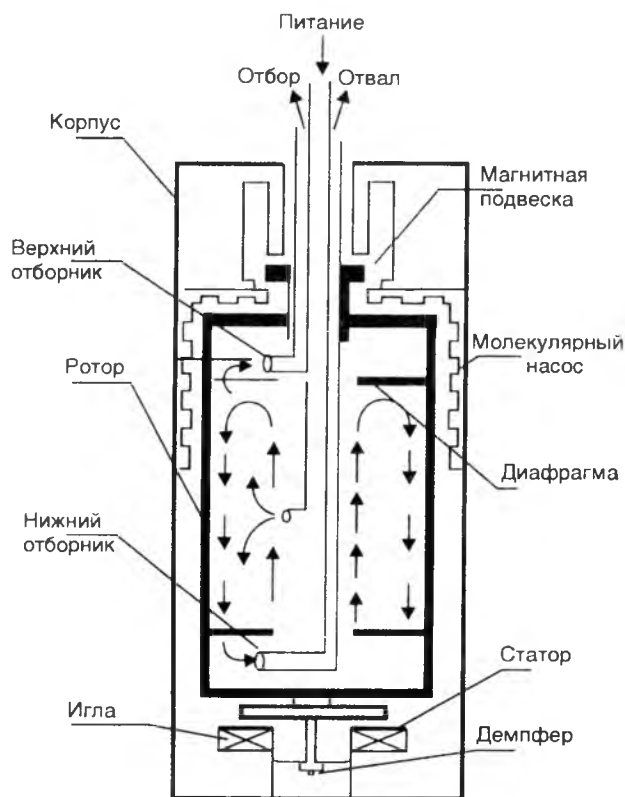
Однако оба этих метода сильно уступали по производительности и точности разработанному в масс-спектрометрической лаборатории ЦЗЛ методу, основанному на использовании естественной воздушной смеси (N_2 — Ar) в качестве модельной (Н.А. Шеховцов, Ю.М. Каган, Г.И. Казакова, В.Н. Ерохин). Метод оказался чрезвычайно продуктивным и в течение всего периода изготовления фильтров на комбинате использовался для паспортизации изготавливаемых фильтров и при их разработках.

Подключение лаборатории радиоактивных методов анализа к разработке методов контроля разделительной способности фильтров послужило началом ее вовлечения в более широкие исследования свойств фильтров: внутренней структуры, течения газов в пористых средах, извилистости пор, течения по поверхности и др.

По инициативе С.В. Карпачева в лаборатории были начаты разработки ртутного параметрического метода (метода «вдавливания» ртути) для исследования распределения размеров пор по радиуса и истинной поверхности пористого пространства. Было разработано несколько ртутных параметров среднего и высокого давления, позволяющих определять размер пор радиусом более 15 мкм. Ю. М. Каганом была разработана теория этого метода. Методом ртутной порометрии были исследованы все типы фильтров: как гомогенные, так и двухслойные, выпускаемые серийно и вновь разрабатываемые, и получены очень полезные для разработчиков фильтров результаты (И.С. Израилевич, Х.М. Назюков, Г.П. Писчасов).

Параллельно в лаборатории исследовались закономерности течения газов и газовых смесей в реальных пористых средах, диффузионный бароэффект и другие явления переноса в переходной области давления, а также эффекты диффузии по поверхности.

Показаны причины недостоверности ранее широко использовавшихся «поточных» методов определения размера зерен порошков (так называемый μ -аппарат) и разработана аппаратура для точного определения размера порошков. Исследованы зависимости (проницаемости) от характера отражения молекул газовой смеси от поверхности. Эти исследования, в ча-



Газовая центрифуга

стности, позволили объяснить некоторые тонкие эффекты отличия поведения воздушной модельной смеси и рабочего газа (UF_6) на некоторых типах фильтров, особенно существенные для фильтров с рабочим слоем из тефлонового порошка. Для последних эти эффекты были столь значительны, что модельная смесь « N_2 — Ar », дающая неправильные результаты, должна была быть заменена на «изотопную модельную смесь» ^{36}Ar — ^{40}Ar (И.С. Израилевич, Б.Н. Гощицкий, С.Н. Новиков, И.П. Гусева, Р.И. Алешин, В.С. Карякин).

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЦЕНТРИФУЖНОГО МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ УРАНА

Приступая к освоению ядерной энергии в военных целях, ученые СССР хорошо понимали, какое значение имеют изотопы урана-235 для ядерных зарядов, ядерных бомб. К этому времени были известны многие методы разделения веществ, испытанные не только в лабораторных условиях, но и в промышленных масштабах. Это — экстракция, дистилляция,

хроматография, газовая диффузия, диффузия в потоке пара, центрифугирование, электролизный обмен, электромагнитное разделение и др. Наиболее привлекательными для получения высокообогащенного урана-235 были газовая диффузия и центрифугирование.

Центрифугирование как метод советскими учеными был тогда сразу отброшен, как способ, который в промышленных масштабах потребует исключительно сложного оборудования, многих видов новой и новейшей аппаратуры и полной автоматизации процесса. В тот период наша страна ничем этим не располагала, а в условиях окончания войны (1945 г.) и разрушений почти всех отраслей промышленности это тем более невозможно было выполнить.

Метод газовой диффузии с шестифтористым ураном, казалось, был попроще, и что особенно важно — первая ядерная бомба, сброшенная американцами на Японию, была начинена ураном-235, полученным методом газовой диффузии. Но как оказалось, и это подробно рассказано на предыдущих страницах, этот метод был также очень сложным и трудным в своем освоении.

Первая опытная газовая центрифуга в нашей стране появилась в виде конструкции, предложенной в 1946—1950 гг. в Сухуми группой немецких специалистов во главе с проф. М. Штеенбеком. За несколько лет до этого высокооборотная центрифуга горизонтального исполнения, предложенная проф. Ф. Ланге, проходила проверку и испытания в лаборатории проф. И.К. Кикоина на Урале, в Свердловске и затем в Москве. Однако все работы по этой центрифуге были полностью прекращены вследствие неперспективности.

В 1952 г. группа проф. М. Штеенбека (Г. Циппе, Р. Шеффель) с руководителем лаборатории инженером А.С. Вознюком и советскими специалистами была переведена из Сухуми в Ленинград на Кировский завод, в ЦКБМ. Опытная центрифуга проф. М. Штеенбека в Сухуми была вертикального исполнения длиной порядка 3 м с гибким многосвязным ротором.

В начале 1953 г. по схеме М. Штеенбека было изготовлено два агрегата, из которых каждый имел по шесть гибких, многосвязных роторов. Однако эти агрегаты даже не прошли

испытаний, ибо проф. М. Штеенбек убедился в ошибочности своих конструкций.

Постановлением Совета Министров СССР от 08.07.1952 г. на Ленинградский Кировский завод была возложена задача разработать газовую центрифугу для промышленного разделения изотопов урана. Критическое рассмотрение результатов испытаний в Сухуми центрифуг с длинным гибким ротором показало, что попытки доводки таких надкритических центрифуг могли бы полностью дискредитировать центрифужный метод. По результатам анализа в ИАЭ и в ОКБ Кировского завода (ныне ЦКБМ) была выдвинута идея центрифуги с коротким жестким ротором. Решающую роль сыграло предложение И.К. Кикоина о введении неподвижных отборных трубок по концам ротора в периферийный слой газа. На основе этих предложений ученые ИАЭ (И.К. Кикоин, Е.М. Каменев, М.Д. Миллионщиков и др.) и конструкторы ЦКБМ (Н.М. Синев, Х.А. Муринсон, В.И. Сергеев и др.) сформулировали оригинальную концепцию конструкции газовой центрифуги, проложив ей широкую дорогу в промышленность.

Основными разработчиками центрифужного метода в нашей стране были ЦКБМ, ИАЭ, ВНИПИЭТ, ВИАМ, ОКБ ГАЗ и УЭХК. Работы проводились под научным руководством академика И.К. Кикоина. Промышленность выполняла разнообразные заказы вновь создаваемой центрифужной технологии. При этом трудно переоценить в этой проблеме роль руководителей Минсредмаша — таких талантливых инженеров и организаторов производства как Е. П. Славский, А. И. Чурим и особенно А.Д. Зверев, которому принадлежит инициатива в вопросах перехода от газодиффузионной технологии обогащения урана к центрифужной.

Начало работ по центрифужному методу разделения изотопов урана на УЭХК относится к 1954 г., когда приказом Министра среднего машиностроения было рекомендовано создать в ЦЗЛ комбината специальную группу для проведения исследовательских и экспериментальных работ. Позднее по приказу директора комбината в ЦЗЛ была организована лаборатория газовых центрифуг во главе с П.А. Халилеевым. На базе теоретических исследований сотрудников ЦКБМ Х.А. Муринсона, Д.А. Буртина и экспериментальных работ П.А. Халилеева и Н.Н. Рыскуновой уда-

лось значительно повысить эффективность первых опытных центрифуг.

Приказом Министра среднего машиностроения от 21.10.1955 г. было принято решение построить на УЭХК разделительный каскад из 2000 газовых центрифуг. Первый в стране опытный завод центрифуг был пущен в эксплуатацию в ноябре 1957 г. Одной из главных задач, которые следовало решить на первом этапе промышленного освоения центрифужного метода, являлось исследование ресурсной надежности центрифуг, систем контроля и автоматизации. Успешная опытная эксплуатация центрифуг позволила в первые годы работы принять решение о расширении объема испытаний центрифуг уже в промышленных условиях. В процессе дальнейшей эксплуатации опытного завода были подготовлены рекомендации о широком развертывании центрифужного производства. Полученные результаты легли в основу проектирования промышленных заводов центрифуг, а опытный завод постепенно преобразовывался в экспериментальную базу.

В 1960 г. по постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР началось серийное производство центрифуг на трех машиностроительных заводах — в Нижнем Новгороде, Владимире и Коврове. Была создана группа специалистов под руководством А.М. Петросьянца, которая проходила ежемесячные, а в последующем ежеквартальные проверки хода освоения и поставок центрифуг на УЭХК.

Первый промышленный участок был оснащен центрифугами первого поколения, в агрегатной компоновке, и установлен в отборной части технологической цепочки комбината взамен устаревших и малоэкономичных газодиффузионных машин и пущен в эксплуатацию в 1961 г.

Работа промышленного участка была первым опытом совместной эксплуатации газодиффузионных машин и центрифуг в единой технологической схеме. Успешная работа промышленного участка подтвердила заключение о возможности построения промышленного завода центрифуг, позволила разработать методы эксплуатации и ремонта оборудования, усовершенствовать схемы аварийной защиты и технологического контроля, подготовить эксплуатационный персонал.

Важнейшим этапом в развитии центрифуж-

ного метода явились строительство (с 1961 г.), пуск (тремя очередями в 1962—1964 г.) и дальнейшая десятилетняя эксплуатация первого в мире крупного промышленного завода центрифуг. Отличительной особенностью промышленного завода явилось применение центрифуг второго и третьего поколений крупносерийного производства. На промышленном заводе была впервые применена многоярусная компоновка агрегатов на специальных опорных конструкциях, позволившая осуществить более полное использование объема производственного помещения.

Однако при пуске промышленного завода не все проходило гладко, в частности, возникла ситуация, когда конструкция центрифуг оказалась недостаточно надежной при аварийных воздействиях. Значительный вклад в повышение надежности центрифуг и успешную эксплуатацию завода внесли В.Ф. Корнилов, Ф.В. Петухов и др. В результате ввода в эксплуатацию первого промышленного завода значительно увеличилась разделительная мощность комбината, а расход электроэнергии на единицу работы разделения снизился на 25%.

Одной из важнейших проблем, которую пришлось решать при эксплуатации промышленного завода, явилась разработка системы и правильной организации проведения ремонтных работ, а затем и их модернизации (А.И. Савчук, П.П. Харитонов, Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев и др.)

Уже первые годы эксплуатации промышленного завода центрифуг полностью подтвердили технико-экономические преимущества центрифужного метода разделения изотопов, а также высокую надежность центрифуг, обеспечивающую при правильной организации эксплуатации не менее чем десятилетний ресурс их работы. Это позволило уже в 1966 г. приступить к осуществлению программы реконструкции комбината, рассчитанной примерно на 10 лет и более и основанной на последовательной замене газодиффузионных машин центрифугами. Эффективность программы была высока, так как в результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных в ЦКБМ, ИАЭ, ОКБ ГАЗ, а также на УЭХК, уже создавались и отработывались новые, более совершенные центрифуги четвертого поколения.

С пуском промышленного завода центрифуг

появилась необходимость систематического и всестороннего анализа состояния оборудования, находящегося в эксплуатации, в целях определения фактического ресурса оборудования и отыскания путей его увеличения.

В период 1966—1970 гг. на УЭХК решались следующие задачи:

разработка комплекса вопросов, связанных с промышленной эксплуатацией центрифуг второго, третьего и четвертого поколений, в том числе исследование и повышение надежности и ресурса центрифуг;

всесторонние стендовые испытания новых центрифуг — пятого поколения, проведение комплекса работ по их внедрению в промышленную эксплуатацию;

усовершенствование основных узлов и улучшение характеристик серийных и перспективных типов центрифуг, направленное на повышение их устойчивости, надежности и ресурса, улучшение технико-экономических показателей центрифуг и промышленных заводов.

1969 г. — начало серийного производства, а с 1970 г. — промышленной эксплуатации центрифуг пятого поколения. В 1971—1975 гг. происходило дальнейшее интенсивное техническое развитие и рост разделительной мощности комбината. Продолжалась реконструкция, связанная с заменой эксплуатировавшихся газодиффузионных машин на значительно более совершенные по своим технико-экономическим показателям газовые центрифуги пятого поколения. Была начата модернизация первого промышленного завода центрифуг: отработавшие десятилетний ресурс центрифуги второго и третьего поколений заменялись центрифугами пятого поколения.

В результате завершения второго этапа реконструкции и модернизации производства разделительная мощность комбината увеличилась более чем в 2 раза, а расход электроэнергии на единицу работы разделения снизился почти в 5 раз.

В 1972 г. после двух лет эксплуатации было зафиксировано нарастание выхода из строя центрифуг пятого поколения. Исследования, проведенные на ИЭХК, показали, что основной причиной выхода из строя явилось образование и развитие трещин в роторе центрифуги, приводящее со временем к разрушению ротора. Для снижения выхода из строя центрифуг по внутриотраслевой программе на

УЭХК было проведено комплексное исследование оборудования в целях изучения состояния центрифуг, прогнозирования выхода их из строя, уточнения методик планирования и проведения ремонтных работ, повышения надежности центрифуг (А.И. Савчук, Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев, В.А. Баженов, С.Б. Варламов, А.М. Токарев, Б.Д. Маранц, В.В. Кандалов и др.).

Одновременно с этим были проведены физико-химические исследования, которые позволили принять меры по снижению коррозионных потерь в целях повышения надежности центрифуг (Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев, Я.А. Нисневич, И.В. Ворох, Г.В. Захаров и др.).

Комплекс выполненных в 1973—1975 гг. работ позволил получить обоснованный прогноз ежегодного выхода из строя центрифуг вплоть до 1990 г. и наметить объемы ремонтных работ с выводом из эксплуатации «дефектных» партий оборудования, обеспечивающих поддержание высокого уровня производительности разделительных заводов, оснащенных центрифугами пятого поколения, в условиях их повышенного выхода из строя. Кардинальное увеличение надежности центрифуг пятого поколения было последовательно осуществлено ЦКБМ в 1974 и 1980 гг.

Кроме того, проведен комплекс исследований по повышению надежности нижнего опорного узла, в результате его ресурс был увеличен до 10 лет (Б.В. Жигаловский, Д.М. Левин, В.А. Ивакин и др.). В связи с нарастающим со временем числа центрифуг, не проходящих пусковые обороты после остановок секций на ремонт, были выполнены исследования по оптимизации параметров опорных узлов центрифуг для улучшения разгона роторов (Д.М. Левин, В.А. Ивакин и др.).

В этот период (1971—1975 гг.) на комбинате проводились исследования по использовании центрифужного метода разделения для получения стабильных и радиоактивных изотопов ряда элементов, необходимых для научно-технических целей (И.А. Шмаков, Ф.В. Петухов, В.А. Якубовский и др.).

После завершения работ по созданию центрифуг пятого поколения ЦКБМ при участии ИАЭ, ОКБ ГАЗ и УЭХК были начаты исследования в целях создания центрифуг шестого поколения, более совершенных по своим техническим характеристикам, и максимальным

использованием потенциальных возможностей конструкционных материалов. Исследования проводились в следующих направлениях:

применение новых прочнейших материалов (В.А. Баженов, С.Б. Варламов, К.Г. Сапсай и др.);

повышение устойчивости центрифуг и разработка противоаварийных устройств (Д.М. Левин, В.А. Ивакин, Ю.П. Забелин, А.С. Безматерных и др.);

оптимизация гидравлических и разделительных характеристик центрифуг (Н.Н. Рыскунова, П.В. Баженов, Г.А. Мамычев и др.);

разработка приборов для измерения параметров центрифуг (В.А. Баженов, А.М. Токарев, Вс. А. Баженов и др.).

В 1971 г. организацией «Техснабэкспорт» Министерства среднего машиностроения был заключен первый контракт на предоставление Комиссии по атомной энергии Франции услуг по обогащению урана из сырья заказчика. На комбинате было проведено переоснащение промышленного производства для осуществления экспортных поставок слабообогащенного урана, включающее научно-техническое обоснование и разработку технологических процессов с применением жидкого гексафторида урана, разработку контрольно-аналитических методик, изготовление и монтаж ранее нигде не применявшегося специального оборудования, строительство промышленного участка в одном из действующих корпусов комбината (А.И. Савчук, А.П. Кнутарев, И.С. Израилевич, Б.Б. Лепорский, П.А. Чернов, Е.П. Шубин, Н.П. Бисярин, А.А. Корнилицын и др.).

В течение 1974—1975 гг. были подписаны новые долгосрочные контракты и дополнительные соглашения на предоставление услуг по обогащению урана с энергетическими фирмами Франции, Италии, ФРГ, Финляндии, Швеции, Испании, Австрии, Великобритании и др.

В период 1976—1980 гг. продолжалась реконструкция, связанная с заменой газодиффузионных машин на газовые центрифуги пятого поколения. Закончилась модернизация первого промышленного завода центрифуг: устаревшие центрифуги второго и третьего поколений были заменены центрифугами пятого поколения.

Проведение ремонтных работ обеспечило поддержание высокого уровня производительности разделительных заводов, выполнение

производственной программы и существенное улучшение технико-экономических показателей работы комбината. В этот период в производство внедрялись принципиально новые системы контроля, управления и аварийной защиты, построенные на бесконтактной микроэлектронной базе (Н.Я. Лобынцев, А.В. Кулешов, В.А. Порошин, И.И. Липчак и др.). Продолжалось совершенствование серийной центрифуги пятого поколения в целях повышения ее надежности и велись исследовательские работы по созданию центрифуг шестого поколения. Был проведен комплекс расчетно-теоретических работ, позволивший существенно повысить надежность и устойчивость центрифуг (Б.В. Жигаловский, В.А. Баженов, Г.С. Соловьев, Д.М. Левин, С.Б. Варламов, А.М. Токарев, В.И. Жуковский, Ю.П. Забелин и др.). В этот период на УЗХК был усовершенствован технологический передел по переработке жидкого гексафторида урана, обеспечивший расширение услуг по обогащению урана.

В течение 1981—1985 гг. осуществлялись планомерная реконструкция, модернизация и ремонт центрифужного оборудования. Производилась замена центрифуг четвертого поколения (проработавших 20 лет) и пятого поколения на более совершенные центрифуги шестого поколения. Одновременно с этим проводилась доработка и совершенствование конструкции в целях повышения надежности центрифуг шестого поколения (А.И. Савчук, В.Ф. Корнилов, Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев и др.).

С 1984 г. регламентные работы по ремонтной замене нижнего опорного узла центрифуг были прекращены в связи с его высокой надежностью и возможностью продления ресурса опорного узла до установленного срока эксплуатации центрифуг. Была разработана технология удаления и регенерации коррозионных отложений с центрифуг (Г.С. Соловьев, Я.А. Нисневич, Ю.М. Муромский, В.С. Индик и др.), которая использовалась при ремонтных операциях.

Совместно с ЦКБМ и ИАЭ были проведены исследовательские работы по созданию более производительных центрифуг седьмого поколения.

В результате всех перечисленных работ по модернизации и улучшению работ центрифуг пятого — седьмого поколений их производи-

тельность стала в 1—3 раза больше, чем центрифуг четвертого поколения. Это заметно увеличило производительность центрифуг и заметно снизило себестоимость получения обогащенного урана. В настоящее время установленный ресурс центрифуг составляет 15 лет, и при этом интенсивность отказов центрифуг шестого поколения составляет менее 0,1% в год.

В 1981—1985 гг. сократился объем экспортных заказов на оказание услуг по обогащению урана, что явилось следствием неблагоприятной конъюнктуры на международном рынке (значительное сокращение программ развития ядерной энергетики в Западной Европе и ввод мощностей по обогащению урана на заводах «Евродиф» и «Юренко»). В 1988 г. на Комбинате № 817 полностью прекратилась эксплуатация газодиффузионного оборудования.

В период 1986—1996 гг. продолжались планомерная реконструкция, модернизация и ремонт центрифужного оборудования. Производилась замена центрифуг пятого поколения на центрифуги шестого поколения. Закончилась разработка и с 1996 г. началось серийное производство центрифуг седьмого поколения (В.Ф. Корнилов, А.П. Кнутарев, Г.С. Соловьев, В.А. Баженов, К.С. Сапсай, В.А. Ивакин, А.С. Безматерных, А.А. Карачев и др.).

Накопленный опыт фторидной переработки урана позволил в 1993—1995 гг. впервые в мире разработать и внедрить на Комбинате № 817 технологию переработки высокообогащенного оружейного урана в энергетический уран (В.Ф. Корнилов, А.П. Кнутарев, Г.С. Соловьев, В.В. Раев, Р.М. Шейхалиев, С.Л. Тютрюмов, Д.Н. Безруков, В.В. Климовских, И.С. Израилевич, А.В. Сапрыгин и др.).

Был проведен комплекс работ по совершенствованию энергетического и приборного оборудования центрифужного производства. Продолжалось выполнение долгосрочных и краткосрочных контрактов на предоставление услуг по обогащению урана из сырья зарубежных заказчиков.

Центрифужная технология обогащения урана, разработанная в нашей стране, обеспечила высокое качество конечного продукта, удовлетворяющего требованиям международного рынка, большую гибкость в изменении сроков и обменов поставок, строгое выполнение обязательств по контрактам.

Талант и самоотверженный труд научных

работников, технологов, механиков, энергетиков, прибористов УЭХК внесли существенный вклад в разработку центрифужного метода разделения изотопов в нашей стране.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗАВОДСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

На предприятии, где впервые в стране закладывались основы разделительной промышленности, совершенно естественно должна была развиваться, и достаточно интенсивно, многоплановая научно-техническая деятельность.

Проведение многочисленных разнообразных исследований было необходимо в связи с ежедневно появляющимися новыми, зачастую неожиданными, вопросами, возникающими на производстве как в период его создания, так и в последующий период.

Кроме того, необходимо было во все увеличивающихся масштабах вести разнообразную исследовательскую работу по совершенствованию только что возникшего нового технологического процесса: оптимизировать технологические схемы, исследовать причины коррозионных потерь и пути их уменьшения, совершенствовать способы подготовки диффузионных машин к работе, исследовать и улучшать свойства фильтров и др. Для совершенствования технологического процесса разделения требовалось развивать системы контроля рабочей среды — изотопного и химического — и решать многие другие вопросы, часто весьма оперативно, и здесь близость исследовательской базы к производству играла большую роль.

Впервые вопрос о создании ЦЗЛ был поставлен в письме директора завода А.И. Чурина начальнику ПГУ Б.Л. Ванникову в октябре 1946 г. с ориентировочным перечислением задач, стоящих перед будущей лабораторией. В связи с отсутствием рабочих чертежей на строительство лаборатории директор просил разрешить переоборудование под лабораторию двух строящихся казарм для военизированной охраны (впоследствии ЦЗЛ была передана и третья казарма). После получения положительного ответа заместителя начальника ПГУ Е.П. Славского в ноябре 1946 г. на должность и.о. руководителя ЦЗЛ был назначен инженер-физик А.Д. Глухов, которого сменил в мае 1947 г. канд. физ.-мат. наук П.А. Халилеев.

ЦЗЛ комплектовалась в основном выпускниками разных вузов страны. Большинство из

них вначале направлялись на стажировку в Лабораторию № 2 АН СССР, в отдел, руководимый И.К. Кикоиным. Здесь они работали в лабораториях отдела, занимались освоением технологического оборудования на опытном каскаде, учились ведению процесса обогащения на нем. Для них сотрудниками отдела читались лекции по физическим основам процесса разделения, теории каскада, устройству диффузионных машин. В 1948 г. весь этот персонал возвратился на предприятие.

Много внимания организации и проведению научных исследований в ЦЗЛ уделял академик И. К. Кикоин, который с 1949 г. по 1953 г., будучи научным руководителем комбината, одновременно являлся руководителем ЦЗЛ (по совместительству).

Большую помощь в проведении совместных научных исследований оказывали также ведущие сотрудники Лаборатории № 2 М.Д. Миллионщиков, В. С. Обухов, Д. Л. Симоненко, Я.А. Смородинский, Е.А. Каменев, Д.И. Воскобойник, В. Х. Волков, К. В. Глинский, Н.М. Лысов.

В 1949 г. на предприятие были направлены многие известные ученые. Профессор М.В. Якутович был назначен заместителем научного руководителя, профессор С.В. Карпачев — заместителем начальника ЦЗЛ (с 1953 по 1956 г. он был ее начальником).

Из Свердловска прибыли кандидаты химических наук Ю.В. Карякин, Б.Н. Лундин, канд. физ.-мат. наук С.К. Сидоров, из Сухумского НИИ — физико-химик профессор В.А. Каржавин и физик-масс-спектрометрист Н.А. Шеховцов.

В ЦЗЛ были образованы четыре сектора: расчетно-теоретический (Н.А. Колокольцов, Б.В. Жигаловский) — расчеты технологических схем, исследования по теории разделения изотопов урана;

химический (Ю.В. Карякин) — анализ качества продукции (содержания урана и примесей), исследования по антикоррозионной защите оборудования, разработка смазок, устойчивых в агрессивных средах, химико-технологические исследования;

физический (П.А. Халилеев) — измерение изотопного состава урана, исследования разделительной способности и структуры пористых сред;

технологический (С.К. Сидоров) — испыта-

ния основного оборудования, КИУ, диффузионных фильтров, подбор турбулизаторов для делителей диффузионных машин.

С 1950 по 1962 г. начальником расчетно-теоретического сектора являлся Б.В. Жигаловский (с 1962 по 1987 г. профессор Б.В. Жигаловский являлся заместителем главного инженера комбината по научной работе). Уже на ранних стадиях исследований Б.В. Жигаловским был предложен новый способ соединения ступеней каскадов, позволивший достигнуть очень высоких (96—98%) значений КПД технологических схем. В 1951 г. было издано «Руководство по расчету схем диффузионных заводов» (Б.В. Жигаловский, Н.А. Колокольцов, Я.А. Смородинский, М.А. Ханин, под редакцией И.К. Кикоина), и когда позднее в нашей стране появилась книга К. Козна «Теория разделения изотопов в приложении к промышленному разделению изотопов урана», а в последующие годы и книги других авторов, выяснилось, что ничего нового в них в вопросах проектирования схем разделительных заводов для нас не содержится.

Одновременно с теорией стационарных процессов обогащения были разработаны теория и методики расчетов нестационарных процессов (М.А. Ханин) и теория разделения на пористых средах (Ю.М. Каган, позднее академик РАН).

Теоретические исследования позволили Б.В. Жигаловскому и его сотрудникам сформулировать направление работ по модернизации диффузионных машин и их совершенствованию созданием фильтров с пониженной проницаемостью и повышенной разделительной способностью.

В дальнейшем при переходе на газоцентриробежную технологию в расчетно-теоретическом секторе было развито новое направление — статистические исследования надежности газовых центрифуг (Б.В. Жигаловский, Г.С. Соловьев), сыгравшее большую роль в обеспечении стабильности технологического процесса на предприятии и при планировании организации ремонтных работ и проведения модернизаций.

Позднее из остальных трех секторов выделились отдельные лаборатории: химико-аналитическая, физико-химическая, фторорганической химии, масс-спектрометрическая, радиоактивных методов анализов, технологическая, химико-технологическая, а в связи с раз-

витием газоцентриробежной технологии были образованы новые лаборатории: перспективных газовых центрифуг, полимерных и композиционных материалов, порошковых сплавов, структурного анализа материалов. Центральная заводская лаборатория стала крупным исследовательским центром (в 1988 г. исследовательские лаборатории по новым конструкционным материалам и газовым центрифугам были переведены в состав опытного цеха газовых центрифуг).

Главной заслугой физико-химической лаборатории была разработка режимов антикоррозионной защиты (пассивации) оборудования (В.А. Каржавин), а позднее исследования физико-химических процессов в центрифугах с рекомендациями по уменьшению потерь рабочего газа и повышению надежности эксплуатации (Я.А. Нисневич). Несомненным успехом лаборатории фторорганической химии было создание консистентных фторуглеродных смазок на базе смазки УПИ (Б.Н. Лундин), а затем перфторированного полиэфирного масла, послужившего прототипом масла ПЭФ (В.Я. Казаков).

В масс-спектрометрической лаборатории под руководством Н.А. Шеховцова и Б.Б. Лепорского были созданы специализированные масс-спектрометры и усовершенствованные аналитические блоки, которые стали прототипом современных промышленных масс-спектрометров.

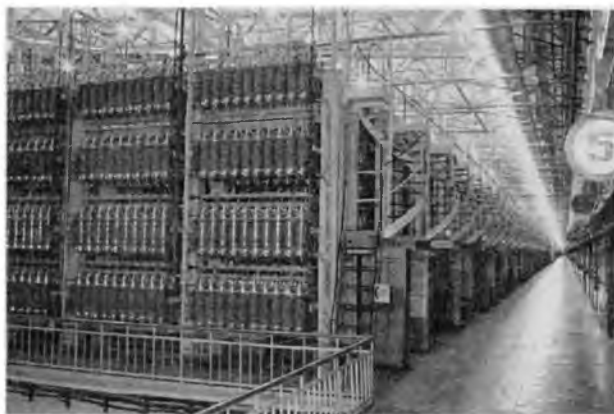
Среди наиболее важных достижений аналитических лабораторий ЦЗЛ следует отметить создание четкой и надежной системы контроля технологического процесса разделения изотопов урана и качества готовой продукции. В системе используются автоматизированные масс-спектрометры, установленные непосредственно в технологических цехах и проводящие измерения на «протоке» (т. е. без отбора проб), и сцинтилляционные гамма-спектрометры (СС-6, ИМД), работающие в автоматическом режиме с выводом информации на центральный пункт управления.

Для контроля качества готовой продукции, поставляемой на экспорт, в ЦЗЛ разработаны аналитические методики и соответствующая аппаратура для анализа проб, отобранных из расплавленного гексафторида урана. При этом используются современные инструментальные методы: высокоточные масс-спектрометры с

четырёхколлекторными приемниками ионов, масс-спектрометры с поверхностной ионизацией, спектральные эмиссионные приборы с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционные спектрофотометры, прецизионные альфа- и гамма-спектрометры и др.

Исследования, выполненные в лабораториях новых материалов, в очень большой мере способствовали повышению надежности центрифуг пятого и шестого поколений и созданию центрифуги седьмого поколения.

Промышленное освоение центрифужного метода разделения изотопов урана, впервые в мировой практике осуществленное в Советском Союзе, является крупным научно-техническим достижением нашей страны. При разработке и освоении центрифужного метода было решено множество научных и технических проблем, которые являлись новыми не только для отечественной науки и техники, но и не имели прецедентов по их решению в мировой практике. Новизна решенных вопросов характеризуется несколькими сотнями изобретений, связанных с освоением центрифужного метода. Решение этой интереснейшей и сложной проблемы стало возможным благодаря творческому труду многих научных и производственных коллективов, входящих в Минатом, и многих коллективов других отраслей науки и промышленности нашей страны. Все сделано своими руками, своими силами, без всякой помощи извне. Только хорошо продуманная и четко скоординированная работа ученых, конструкторов, проектантов, специалистов заводов промышленности — изготовителей центрифуг, приборов и аппаратуры, а также энергетиков, строителей, монтажников и эксплуатационников Уральского электрохимического комбината в Верх-Нейвинске (ныне Новоуральск), позволила достойно и высококачественно решить эту огромную проблему. При этом нельзя не отметить, что первые про-



Машинный зал первого в мире центрифужного завода на Урале — УЭХК

мышленные заводы в Великобритании, Германии, Нидерландах, а в Японии появились значительно позднее, спустя 20 лет после их появления в России. Сотрудник М. Штеенбека механик Г. Циппе, работавший в группе немецких специалистов, увез с собой недоработанную до конца конструкцию советской центрифуги и попытался получить патент на свое имя, осуществить разделение изотопов урана методом, разработанным в СССР для советских центрифуг. Однако на доработку центрифуги Г. Циппе потребовалось несколько лет и она начала работать в Германии на 20 лет позднее, чем в России. Узнав об этом факте, советское руководство решило никак не реагировать на эту информацию, чтобы не привлекать внимания иностранных специалистов к тому, что в СССР проводятся работы по освоению прогрессивного центрифужного метода разделения изотопов урана. Такой ценой, действительно, удалось скрыть широкомасштабные работы советских инженеров и ученых по освоению центрифужного метода. Все это мы раскрыли значительно позднее, удивив тем самым промышленный мир Запада.

КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О РУКОВОДИТЕЛЯХ И СПЕЦИАЛИСТАХ УЭХК

Начал работу на Комбинате в 1959 г. Прошел большой трудовой путь от рядового специалиста опытного цеха газовых турбин до генерального директора УЭХК. Внес большой творческий вклад в промышленное освоение (впервые в стране и впервые в мире) высокоэффективной центробежной технологии обогащения урана и в техническую реконструкцию разделительного производства, с окончанием которой УЭХК стал самым мощным в мире предприятием по обогащению урана. Под его руководством завершен переход с производства оружейного на производство энергетического урана для АЭС и в соответствии с правительственными соглашениями между Россией и США начата

переработка высокообогащенного урана в низкообогащенный. Имеет правительственные награды.



Виталий Федорович
Корнилов

«Начал трудовую биографию на Комбинате в 1959 г. рядовым инженером и, пройдя весь путь становления крупного технического руководителя, в 1987 г. был назначен на должность главного инженера — заместителя генерального директора УЭХК. Непосредственно руководил наладкой технологического оборудования во всех цехах первого в мире завода с центрифужной технологией обогащения урана. Активный участник разработки и промышленного внедрения первой в России технологии жидкофазной переработки гексафторида урана для поставки на экспорт. Заслуженный технолог Российской Федерации. Лауреат

Государственной премии СССР. Имеет правительственные награды.



Анатолий Петрович
Кнутарев

На Комбинате с 1962 г. Активный участник пусконаладочных работ на первых очередях первого в мире промышленного завода центробежного разделения изотопов урана. На протяжении 11 лет возглавлял расчетно-теоретическую лабораторию ИВЦ. Руководил работами в области исследований надежности газовых центрифуг и технико-экономического обоснования модернизации газоцентрифужных заводов на базе использования новых моделей центрифуг. С 1987 г. стал заместителем главного инженера Комбината по науке и ядерной безопасности, кандидат физико-математических наук, имеет правительственные награды.



Геннадий Сергеевич
Соловьев

На Комбинате с 1948 г. Один из основных создателей лаборатории физических методов исследования пористых сред и радиоактивных методов анализа, способствовавших успешной разработке на Комбинате высокоэффективных газодиффузионных фильтров и становлению промышленного производства разделения изотопов урана. На протяжении 25 лет был заместителем начальника ЦЗЛ, а с 1988 по 1992 г. возглавлял ее. Он — доктор технических наук. Лауреат Ленинской премии СССР. Имеет правительственные награды.



Иосиф Семенович
Израилевич

На Комбинате с 1950 г. Создатель первых отечественных газодиффузионных фильтров повышенной эффективности. Один из инициаторов создания и активный участник разработки промышленной технологии



Юрий Леонидович
Голин

производства высокодекающих двухслойных бескаркасных фильтров, открывших реальные перспективы резкого наращивания разделительной мощности газодиффузионных заводов. Руководитель исследовательско-технологической лаборатории завода фильтров (с 1957 по 1971 г.) и главный конструктор-начальник СКБ преобразователей энергии (с 1971 г. по 1988 г.), доктор технических наук, профессор, «Заслуженный изобретатель России», лауреат Ленинской, Государственной премий и премии Совета Министров СССР. Имеет правительственные награды.

После окончания Уральского Политехнического института работал на Уралмашзаводе (г. Свердловск), где прошел путь от мастера до главного инженера УЗТМ. С 1939 г. был заместителем наркома (министра) машиностроительных министерств. Во время войны был заместителем наркома танковой промышленности, а с 1946 г. — заместителем начальника ПГУ при СНК СССР и заместителем министра Среднего машиностроения. С 1962 по 1987 г. был председателем Государственного комитета по использованию атомной энергии.



Петросьянц Андраник
Мелконович

Автор многих статей и книг, переизданных и за рубежом, действительный член, академик Академии наук Армении, академик Шведской королевской академии инженерных наук, почетный доктор наук французского Гренобльского Университета, лауреат Государственной премии, Герой Социалистического Труда, участник Великой Отечественной войны, генерал-майор.

III. СОЗДАНИЕ СЕРИЙНОГО ЯДЕРНО-ОРУЖЕЙНОГО КОМПЛЕКСА

Производство ядерных боеприпасов

Е.К. Дудочкин, Б.В. Горбеев, Л.И. Надпорожский, Л.А. Петухов

Участник атомной эпопеи В.А. Давиденко вспоминал о том, что И.В. Курчатов часто повторял: «Нужно начинать писать, настало время рассказать о наших делах... Нам обязательно нужно написать обо всем, что было и как было, ничего не прибавляя и не выдумывая. Если теперь этого не сделаем, то потом все переврут, запутают и растащат — себя не узнаем».

Действительно, подвиг, совершенный советскими учеными, организаторами «атомного проекта», инженерами, рабочими, должен стать достоянием нашего народа как пример величайшей ответственности перед Родиной за обеспечение безопасности страны.

Если реализация «атомного проекта» в период до 1949 г. достаточно полно описана в открытой литературе, то процесс крупномасштабного производства и совершенствования ядерных боеприпасов (ЯБП) не нашел отражения в печати.

Настало время восполнить этот пробел и рассказать, как строились в рекордно короткие сроки заводы по серийному производству ЯБП и зарядов, приборов автоматики и специальных материалов, как создавались коллективы опытных специалистов, уникальные технологии, не имеющие аналогов в промышленности, как создавались при предприятиях закрытые города со всей инфраструктурой, как совершался подвиг коллективов заводов, обеспечивших все рода войск эффективными ядерными боеприпасами.

Развитием ядерно-производственного комплекса руководил министр среднего машиностроения Е.П. Славский. Под его руководством была развита уранодобывающая промышленность, построены многие новые институты и КБ, при его активном участии не только развивались предприятия атомной промышленности, но и создавался надежный ядерный щит нашего государства. Много было сделано в области социальной сферы, создана целая серия закрытых городов, санаториев и

домов отдыха, медицинских учреждений предприятий атомной промышленности.

Ядерный боеприпас — это не просто ядерная бомба, это головная часть к различным классам ракет, это морская торпеда с ядерным зарядом, это артиллерийский снаряд различного калибра, это крылатая ракета. Ядерный боеприпас — это очень сложное изделие по конструкции, применяемым материалам, приборам автоматики, вычислительной технике и другим элементам.

Ядерный боеприпас — комплекс открытий человеческого разума, оружие новой эпохи в жизни человечества. Производство ЯБП — процесс весьма опасный, требующий соблюдения комплекса мер, которые обеспечивают безопасный процесс сборки, испытаний и эксплуатации. Одним из главных компонентов ЯБП является ядерный заряд, в состав которого входят не только основные изделия из урана-235 и плутония, поставляемые с комбинатов «Маяк» и Томск-7, но и взрывчатые вещества и другие элементы, обеспечивающие его эффективное срабатывание.

Для обеспечения полномасштабного ядерного щита страны и ликвидации монополии США на ядерное оружие в период 1945—1950 гг. в стране была проделана огромная работа по созданию базы для производства ядерных боеприпасов. Так, создана база для добычи урановой руды, производства оружейного плутония, урана-235, полония-210, организовано производство лития, бериллия, висмута, мощных взрывчатых материалов, освоены уникальные технологии, ранее не существовавшие в промышленности. В этот период создан мощный строительный комплекс, обеспечивший в исключительно короткие сроки строительство предприятий в различных районах страны, организацию крупного машиностроительного и приборостроительного комплексов.

Для обеспечения производства ЯБП необходимо было согласовать специальные требова-

ния на продукцию, поставляемую действующими в стране отраслями — металлургами, химиками, электротехнической и электронной промышленностями с оформлением дополнительных технических условий (ДТУ).

Производство ядерных боеприпасов — процесс, требующий высокого качества работы персонала, обеспечения безопасности и надежности поставляемых в войска ЯБП. Поэтому одной из основных задач было воспитать в людях-исполнителях высокую ответственность при разработке, производстве и эксплуатации ядерных боеприпасов, привлечь к этим работам наиболее квалифицированных инженеров, рабочих, руководителей.

Для решения этой главной задачи с самого начала на всех предприятиях наравне с развитием производства решались и социально-бытовые вопросы. В 1953 г., в связи с увеличением объема производства, было принято решение Совета Министров СССР о выделении в самостоятельное управление — Главного управления приборостроения (6 ГУ), в состав которого вошли следующие предприятия: Завод «Авангард» (Арзамас-16, г. Саров), Комбинат «Электрохимприбор» (г. Лесной), Приборостроительный завод (г. Трехгорный), Завод «Молния» (г. Москва) — бывший завод № 48. Первым начальником 6-го Главного управления был назначен капитан первого ранга (впоследствии контр-адмирал) В.И. Алферов, главным инженером — А.А.Томилин, заместителем начальника по строительству и снабжению — Г.П. Андреев и заместителем начальника по эксплуатации ЯБП и испытаниям полковник (впоследствии генерал-лейтенант авиации) — Л. А. Петухов.



Владимир Иванович Алферов — доктор технических наук, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной и Ленинской премий, награжден многими орденами и медалями. Родился 28 июля 1904 г. в г. Ростов-на-Дону (умер 22.01.1995). После окончания в 1927 г. Ленинградского высшего военно-морского училища проходил службу в Красной Армии. В 1938—1940 гг. был директором Завода № 175 Наркомата обо-

ронной промышленности. С 1942 по 1946 г. работал в

Главном Управлении Наркомморфлота СССР, а с 1946 по 1948 г. — заместителем начальника Научно-технического комитета ВМС ВС. С 1948 по 1950 г. — заместитель Главного конструктора Первого Главного управления Совета Министров СССР, а с 1950 по 1955 г. — заместитель начальника Предприятия №214 Минсредмаша СССР. В 1955 г. был назначен начальником Главного управления Минсредмаша СССР. С 1964 по 1967 г. занимал должность заместителя министра Минсредмаша СССР.



Леонид Андреевич Петухов родился 14 марта 1920 г. в Кирове Калужской обл. В 1941 г. закончил Ленинградскую военно-воздушную академию. С 1941 по 1946 г. — инженер по спецслужбам авиационного полка, инспектор инспекции авиационных служб Главной инспекции СА. Начиная с 1952 г. работал в Министерстве среднего машиностроения СССР. В 1962 г. был назначен директором Приборостроительного завода (Златоуст-36), а с 1964 по

1986 г. работал начальником Главного управления Минсредмаша СССР. Л. А. Петухов — Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии, участник Великой Отечественной войны, награжден многими орденами и медалями.



Алексей Алексеевич Томилин родился в 1906 г. в Туле. В 1936 г. окончил Тульский механический институт. С 1936 по 1940 г. был мастером, начальником цеха Тульского оружейного завода, а в 1940—1942 гг. — директором Завода № 314 Наркомата Вооружения СССР. В 1942—1944 гг. — директор Завода № 66 Наркомата Вооружения СССР (г. Златоуст). С 1944 по 1948 г. — начальник производства Завода № 535 Наркомата Вооружения СССР (г. Тула), 1948—1951 гг. — главный инженер Предприятия № 2243 (ПО «Молния»). С 1951 г. работал в ПГУ при Совете Министров СССР, с 1953 г. был начальником ПТО Главного управления приборостроения Минсредмаша СССР. С 1955 по 1986 г. — главный инженер — заместитель начальника Главного управления Минсредмаша СССР. А.А.Томилин — лауреат Государственной премии, награжден орденами и медалями.

Главная задача 6-го Главного управления — обеспечить заказы Министерства обороны ядерными боеприпасами для всех родов войск, а также системами специального контрольно-эксплуатационного оборудования и техническими средствами охраны для военных объектов.

Для этого ежегодно, по графику, проводятся контрольно-летные испытания всех типов ЯБП на полигонах Министерства обороны силами и средствами серийных заводов совместно с соответствующими воинскими частями. Кроме качества и надежности выпускаемых промышленностью ЯБП при контрольно-летных испытаниях проверяется работоспособность всей системы задействования. Высокая надежность и безопасность, большой гарантийный срок хранения и эксплуатации выпускаемых серийными предприятиями ЯБП, обеспечиваются созданной системой управления качеством, которая регламентирована отраслевыми и заводскими стандартами, предусматриваемыми:

строгое соблюдение конструкторской и технологической документации на всех этапах серийного производства ЯБП;

конструкторскую и технологическую подготовку производства, оценку и обеспечение надежности, накопления и использования информации о качестве, директивную технологию и обеспечение стабильного уровня качества в производстве;

поддержание единства и точности измерений;

завершение освоения нового изделия проведением установочной партии новых зарядов, узлов, элементов с подтверждением качества освоения проведением контрольно-летных испытаний;

обеспечение ритмичности производства; обеспечение высокого качества труда;

организацию подготовки кадров;

взаимодействие с представителями заказчика (военной приемкой) и др.

Четкая организация работ по обеспечению качества и надежности ЯБП на всех этапах производства позволила добиться высоких показателей.

Так, с первого предъявления военной приемкой на заводах 6-го ГУ принималось 99,93—99,96% узлов и изделий, рекламировалось менее 0,002% узлов и изделий от годового выпуска.

С 1951 г. начали поступать на вооружение советских войск серийные боеприпасы с ядерными зарядами. В первую очередь их получили военно-воздушные силы (ВВС) — это были бомбы типа РДС для дальней авиации.

С 1955 г. началось оснащение серийно изготовленными ЯБП ракетных войск стратегического назначения (РВСН), а с 1957 г. — ядерными боеприпасами войск ВВС и ВМФ (тактические ракеты, торпеды).

С 1960 г. началось оснащение ЯБП: стратегических ракет большой дальности ВМФ, сухопутных войск (мины, артснаряды, тактические ракеты), войск противоракетной, противовоздушной обороны.

К 1970 г. все рода войск были оснащены ядерными боеприпасами и эксплуатационным оборудованием. С пятидесятых годов была полностью ликвидирована монополия США на владение ядерным оружием.

Заказами ядерного оружия для всех родов войск занимается 12-е Главное управление Министерства обороны, где с 1958 г. руководители генералы Н.П. Егоров, В.А. Болятко, Е.В. Бойчук, В.И. Герасимов, Е.П. Маслин.

Большой вклад в деятельность 12-го ГУМО внесли генералы и офицеры Н.К. Белобородов, И.А. Савин, А.А. Осин, С.А. Зеленцов, И.Н. Волынкин, Н.В. Ночевкин, В.Н. Яковлев, В.Д. Войтенко, В.И. Карпов, Н.С. Асписов, А.В. Тиханкин, Н.П. Карасев, Л.Г. Николай и др.

Развитие производства «ЯБП» было связано с развитием отраслей, разрабатывающих и производящих средства доставки боеприпасов. Поэтому связь с Министерством общего машиностроения, Министерством оборонной промышленности, Министерством судостроительной промышленности, Министерством авиационной промышленности, Министерством машиностроения была постоянной. Предприятия этих министерств, а также заводы Министерства электронной промышленности, Министерства радиопромышленности, Министерства приборостроения, Министерства электротехнической промышленности, обеспечивали поставки нашим предприятиям комплектующих изделий по более жестким требованиям и специальному отбору.

При разработке ЯБП закладывались высокие требования к металлу, компонентам химического сырья, материалам, комплектующим изделиям — только отечественного производства, импортные не допускаются.

Как вынужденная мера в 1949—1950 гг. в КБ-11 (Арзамас-16) кроме производства бомб РДС было организовано их хранение в специально построенных складах. В КБ-11 был создан сектор 10 по серийному производству, ко-

торый возглавил первый заместитель начальника КБ-11 В.И. Алферов. В состав руководства сектором вошли опытные конструкторы и технологи КБ-11 Н.Г. Маслов, В.А. Профе, М.А. Григорьев, С.А. Жуков, С.П. Карпов и др.

Сектор 10 принимал от КБ-11 чертежно-техническую документацию (ЧТД) на разработанные изделия и обеспечивал серийное производство изделий и их составных частей на ведомственных заводах и в союзной промышленности. Начальниками сектора 10 после В.И. Алферова были С.П. Карпов, С.А. Жуков, Н.Г. Маслов. С организацией серийных конструкторских бюро на всех серийных заводах сектор 10 был преобразован в СКБ завода «Авангард».

В мае 1951 г. постановлением Правительства в Первом главном управлении при СМ СССР была создана военная приемка (отдел спецприемки), начальником отдела был назначен Н.П. Егоров. Готовые изделия типа РДС первые годы принимала Государственная комиссия. Председателем комиссии был Н.П. Егоров, заместителем — академик Ю.Б. Харитон, членами — директор предприятия и ведущие специалисты КБ-11 и завода.

Важным этапом дальнейшего развития серийного производства и эксплуатации ЯБП было строительство в ПГУ при СМ СССР объектов для окончательной сборки, хранения и эксплуатации ЯБП. Подготовку специалистов для этих объектов организовали в КБ-11 в особом учебном центре. Первым руководителем был полковник Назаревский. Эта «школа» силами специалистов КБ-11 за короткое время подготовила из офицеров Советской Армии не одну сотню квалифицированных специалистов. В середине 1958 г. эти объекты, специальная приемка и некоторые другие службы Главного управления комплектации МСМ были переданы в Министерство обороны.

Создание и развитие производственной базы для серийного производства ЯБП в отрасли началось в 1949 г., когда Постановлением СНК СССР было решено создать завод при КБ-11 (ныне завод «Авангард») в Арзамасе-16, где директором был назначен К.А. Володин. Уже в 1951 г. завод приступил к изготовлению атомных бомб типа РДС1.

В декабре 1950 г. вошел в строй завод «Электрохимприбор» по электромагнитному разделению и получению изотопов урана-235.

Первым директором завода был назначен Д.Е. Васильев (1947—1955 гг.), главным инженером — А.И. Ильин.

В 1951 г. на заводе «Электрохимприбор» началась подготовка к серийному производству ЯБП. В 1953 г. первым заместителем директора завода был назначен А.Я. Мальский, а в 1955 г. он стал директором этого завода.

В 1954 г. вошел в строй Приборостроительный завод (ПСЗ) в г. Златоуст-36 (ныне г. Трехгорный) по серийному производству ЯВП. Первым директором этого завода был К.А. Володин, главным инженером — А.Г. Потапов. В 1960 г. в г. Пенза-19 (ныне город Заречный) начал функционировать вновь построенный Пензенский приборостроительный завод (ППЗ). Первым директором завода был М.В. Проценко, главным инженером — Ю.П. Любовин.

С 1948 г. в состав ПГУ был передан завод № 48 (теперь Московский машиностроительный завод «Молния») по производству корпусов, первым директором которого был П.А. Растегаев, главным инженером — А.А. Томилин.

В 1957 г. в МСМ из Министерства судостроительной промышленности был передан Уральский электромеханический завод (Свердловск), который был переориентирован на микромеханику, микроэлектронику, электротехнику. Первым директором был А.А. Соловьев (1946—1985), главным инженером — П.А. Судаков.

В 1954 г. было принято решение Правительства СССР о строительстве в Новосибирске Приборостроительного завода п/я 32 (теперь ПО «Север») по производству блоков автоматики с использованием высоковольтной элементной базы.

Первым директором был Б.А. Панов, главным инженером — В.Н. Якутик.

С начала организации отрасли, т.е. с 1945 г., при каждом предприятии создавались комплексные строительно-монтажные организации, задачей которых было обеспечение строительства и ввода в эксплуатацию заводов и реконструкция предприятий, принятых в состав отрасли из других функционирующих отраслей промышленности.

Важную роль в создании производственной базы отрасли сыграл Ленинградский Государственный союзный проектный институт (ГСПИ-11). В этот период директором инсти-



Ученый совет 5-го и 6-го ГУ Минатомов РФ

туда был А.И. Гутов, главным инженером — В.В. Смирнов.

Начиная с 1945 г. ГСПИ-11 проектирует основные предприятия атомной промышленности и все города закрытого типа, обслуживающие эти заводы и институты. В центральном аппарате МСМ эти вопросы были под контролем А.В. Короткова, руководившего Управлением капитального строительства с 1951 г., развитию предприятий 5-го и 6-го ГУ он уделял большое внимание.

Чтобы обеспечить быстрый подъем всей отрасли в короткие сроки, Ленинградский ГСПИ-11 со своими филиалами разрабатывал проектную документацию с элементами передовых технологий по рекомендациям ученых. До 1960 г. практически все первоочередные планы создания промышленности по производству ЯБП были реализованы, и первый этап оснащения вооруженных сил ядерными боеприпасами был завершен. До 1968 г. 5-е и 6-е ГУ со своими институтами и предприятиями были подотчетны заместителю Министра В.И. Алферову. С 1968 г. заместителем министра по ядерно-оружейному комплексу назначается А.Д. Захаренков. Он руководил техни-

ческим развитием предприятий 5-го и 6-го ГУ. Это был период реконструкции и технического перевооружения предприятий подотрасли.

В 1980 г. на заводах Главка изготавливалось более 1,5 млн. узлов, более 2 млн. шт. оригинальных деталей, действовало более 335 000 хорошо оснащенных и обеспеченных прогрессивным оборудованием технологий, которые включали в себя более 3 млн. производственных операций.



Александр Дмитриевич Захаренков родился 18 февраля 1921 г. в Смоленске.

После окончания Московского института химического машиностроения (МИХМ) с 1946 до 1958 г. работал в Арзамасе-16, занимал должности начальника группы, отделения и сектора под руководством Ю.Б. Харитона. В 1958—1967 гг. был начальником сектора, затем главным конструктором КБ 1, затем КБ 2 в Челябинске-70 (ВНИИТФ), с 1968 по 1989 гг. — заместителем Министра среднего машиностроения СССР. А.Д. Захаренков — доктор технических наук, Герой Социалистического Труда, лауреат Ле-



Секция № 6 НТС-2 Минатома РФ, Арзамас-16

нинской и трех Государственных премий, награжден многими орденами страны. С приходом в центральный аппарат А.Д. Захаренкова в качестве заместителя Министра резко активизировалась работа по совершенствованию производства на предприятиях 5-го и 6-го ГУ. Им была организована технологическая секция № 6 НТС-2 Министерства, руководителем которой он был более 20 лет.

С уходом А.Д. Захаренкова на пенсию в 1989 г. секцию № 6 НТС-2 возглавил В.Н. Михайлов, будучи заместителем министра. В.Н. Михайлов регулярно посещал серийные предприятия, давал ценные советы по организации производства и совершенствованию серийных технологий, контролировал надежность связи серийных предприятий с институтами разработчиков. Став министром в 1992 г., он оставил подчиненность институтов 5-го ГУ и серийных заводов 6-го ГУ непосредственно себе, и ежегодно продолжает посещать заводы с подробным рассмотрением проблем предприятий на месте.

Аппарат Главного управления приборостроения начал формироваться с 1953 г. в связи с реорганизацией Первого главного управления (ПГУ) при СМ СССР в Министерство средне-

го машиностроения СССР. Начальником Главного управления приборостроения (ГУП) и одновременно заместителем Министра был П.М. Зернов. Заместителями М.П. Зернова были Н.И. Павлов и Н.П. Егоров.

В 1955 г. ГУП реорганизовали в три главных управления: Главное управление разработки и испытаний (5-е ГУ), Главное управление приборостроения (6-е ГУ), главное управление комплектации.

В этом же году назначаются начальниками 5-го ГУ Н.И. Павлов, 6-го ГУ — В.И. Алферов, ГУ комплектации — Н.П. Егоров.

Главными задачами 6-го ГУ являются организация серийного производства ядерных боеприпасов (ЯБП), обеспечение Министерства обороны эксплуатационным оборудованием, проведение совместно с Министерством обороны периодических летных испытаний ЯБП, а также переаттестация и демонтаж ЯБП по окончании гарантийного срока службы (ГСС).

В течение 1955—1964 гг. начальником ГУ был В.И. Алферов, заместителем — главным инженером А.А. Томилин, заместителем начальника



Совет директоров 6-го ГУ Минатома РФ. Сидят (слева направо) Е.К. Дудочкин (начальник ГУ МАРФ), Л.А. Петухов, Б.В. Горобец (советник), А.А. Попов (сотрудник Минфина РФ). Стоят (слева направо) Н.А. Лубенец (глава администрации Златоуст-36), В.А. Суров (сотрудник Минэкономики РФ), Н.С. Миронов (директор завода «Молния»), Л.А. Поляков (директор комбината ЭХП), А.Н. Горб (директор завода «Север»), Л.М. Кузнецов (директор УЭМЗ), С.В. Настин (директор Нижнетуринского машиностроительного завода), А.В. Долинин (директор Приборостроительного завода, Златоуст-36)

численность промышленно-производственного персонала в 1995 г. по сравнению с 1988 г. снизилась почти на 40%. С 1989 г. заводы стали активно заниматься конверсионными программами.



Борис Валентинович Горобец родился в 1928 г. в г. Самарканде, окончил Среднеазиатский политехнический институт. С 1950 г. по 1954 г. работал механиком, начальником смены на ПО «Маяк» Минсредмаша СССР. С 1954 по 1978 г. Б.В. Горобец был начальником цеха, начальником производства, главным инженером на Приборостроительном заводе (Златоуст-36). В 1978 г. был назначен заместителем начальника Главного управления Министерства среднего машиностроения СССР, с 1986 г. по февраль 1995 г. работал начальником Главного управления, а с февраля 1995 г. — советником Министра. Б.В. Горобец — кандидат технических наук, лауреат Государственной премии, награжден многими орденами и медалями.



Евгений Константинович Дудочкин родился в 1940 г. в Егорьевске Московской области. В 1960 г. окончил Егорьевский станкостроительный техникум, в 1966 г. — Челябинский политехнический институт (инженер-механик), а в 1969 г. — Московский инженерно-экономический институт (инженер-экономист). С 1960 по 1985 г. работал мастером, старшим контрольным мастером БТК, заместителем начальника цеха, заместителем главного инженера завода по подготовке производства на Приборостроительном заводе (Златоуст-36). С 1987 г. по февраль 1995 г. работал главным инженером — заместителем начальника Главного управления Минатома РФ, а с февраля 1995 г. — начальником Главного управления Минатома РФ.

С 1989 г. в состав Главного управления были переданы заводы: Нижнетуринский машиностроительный завод (НТМЗ) в г. Нижняя Тура Свердловской обл., Кузнецкий машиностроительный завод (Кузмашзавод) в Кузнецке Пензенской области, Махачкалинский машиностроительный завод сепараторов (ММЗС) в г. Махачкала Дагестан, Плавский завод сепараторов («Смычка») в Плавске Тульской области.

Особенностью серийного производства ос-

ГУ по капитальному строительству — Г.П. Андреев, заместителем начальника ГУ (он же начальник специального отдела по эксплуатации и испытаниям) — Л.А. Петухов, заместителем начальника спецотдела — Б.А. Васильев, начальником планового отдела был А.В. Портнов, его заместителем Ю.Т. Некрасов, начальником производственно-технического отдела — А.А. Колчин, начальником отдела капитального строительства и снабжения был А.С. Юшкин.

Заместителями начальника ГУ работали Б.А. Васильев, Н.П. Ларин, Л.И. Надпорожский, В.В. Бахчевников, Н.Е. Виноградов, В.С. Дорцев, А.Н. Антонов. В связи с назначением в 1964 г. В.И. Алферова заместителем Министра среднего машиностроения СССР начальником 6-го ГУ был назначен Л.А. Петухов, после его ухода на пенсию в 1986 г. начальником 6-го ГУ стал Б.В. Горобец. В 1995 г. он переведен на должность Советника Министра, начальником 6-го ГУ назначен Е.К. Дудочкин.

А.А. Томилин, проработав 31 год главным инженером, в 1986 г. ушел на заслуженный отдых.

В связи с международными соглашениями по сокращению ядерных вооружений (СНВ-1 и СНВ-2) с 1989 г. заказы МО по выпуску оборонной продукции стали сокращаться. Общая

новой деятельности к 1995 г. является сокращение в несколько раз по сравнению с уровнем 1990 г. объемов Государственного оборонного заказа.

Сокращение объемов производства поставило перед предприятиями задачу поддержания в рабочем состоянии высвобождающиеся мощности уникальных производств со специфическими технологиями, сохранения высококвалифицированного производственного персонала, поддержания уровня требований по безопасности основного производства. Сложное финансово-экономическое положение пред-

приятий ухудшает технологические и хозяйственные связи с предприятиями — поставщиками материалов и комплектующих изделий.

На предприятиях, особенно на предприятиях, расположенных в «закрытых городах», не располагающих альтернативными рабочими местами и удаленных от промышленных центров, возникла сложная социальная обстановка. Чтобы решить эти проблемы, все предприятия активно включаются в конверсионные программы. Далее более подробно рассмотрены становление каждого предприятия и их мероприятия на перспективу.

Завод № 550 («Авангард»)

Ю.К. Завалишин, В.А. Зотова

События в Хиросиме и Нагасаки в начале августа 1945 г. поставили мир перед фактом наличия у США нового боевого оружия огромной разрушительной силы.

Руководство страны приняло решение в кратчайшие сроки создать свое ядерное оружие, лишив США монополии.

Для руководства организациями, в задачу которых входили разработки технологии и производства делящихся материалов и деталей из них, разработку конструкции ядерной бомбы, постановлением партии и правительства в 1945 г. во главе с Л.П. Берия был создан Специальный комитет и создано 1-е Главное управление при СМ СССР.

В апреле 1946 г. при Лаборатории № 2, возглавляемой И. В. Курчатовым, было создано КБ, которое и должно было стать головной организацией в разработке конструкции первой ядерной бомбы. В качестве начальной базы в распоряжение этого КБ приказом Б.Л. Ванникова был передан Завод № 550, принадлежащий ранее Министерству боеприпасов и находящийся на территории г. Саров Мордовской АССР.

Отсчет первых страниц истории завода «Авангард» начался в марте 1949 г., когда Совет Министров СССР принял Постановление о проектировании и строительстве завода в составе КБ-11, которое было головной организацией в разработке конструкции первой ядерной бомбы. К этому времени на Заводе «В» Комбината № 817 (г. Озерск) были изготовлены детали из плутония для первой советской ядерной бомбы. Чуть позже, в августе того же 1949 г., первая отечественная ядерная бомба успешно прошла испытания на Семипалатинском полигоне, и для оснащения Советской Армии и Флота этим новым видом боевой техники необходимо было в кратчайшие сроки организовать его серийное производство. Заводу был присвоен номер 551.

Кому же обязана страна созданием первого

серийного завода оборонной отрасли, чьи имена должны помнить современники академика Ю.Б. Харитона, его последователи? По словам Юлия Борисовича, «только предвидение и понимание проблем таких замечательных организаторов науки и техники, как Б.Л. Ванников и П.М. Зернов, позволило своевременно поставить вопрос о создании, проектировании и строительстве серийного завода».

Сразу же после принятия Постановления в густых лесах Мордовского заповедника, прилегающих к Саровскому монастырю, появились первые геодезисты. Они прокладывали трассы будущих шоссейных и железных дорог, определяли границы промышленной площадки будущего завода. Следом шли лесорубы, которые валили и вывозили вековой сосновый лес.

Первым главным инженером проекта был опытный инженер-технолог проектного института Ленгипрострой В.И. Речкин. Ввиду особой важности строительства велось без утвержденных проектов и смет, по специальным графикам, предусматривающим жесткие сроки выполнения работ. Общая сумма капиталовложений составляла около 8 млн. Строительство необходимо было закончить в декабре 1950 г., несмотря на строгий правительственный контроль, основные производственные здания были сданы в эксплуатацию только во второй половине 1951 г. Начальником строительства был инженер-подполковник В.И. Анисков. Все строительные работы выполняли в основном заключенные. Их жилая зона находилась в нескольких сотнях метров от строительной площадки, оттуда они ежедневно под конвоем следовали к месту работы, а после ее окончания — обратно.

Во главе первых организаторов производства стояли опытные руководители, такие как П.М. Зернов — начальник объекта, В.И. Алферов — зам. начальника объекта по серийному производству, первые директора завода — К.А. Володин, А.К. Бессарабченко, А.Я. Маль-

ский, главный инженер завода В.В. Касютыч. На их долю выпала нелегкая задача — во что бы то ни стало обеспечить серийный выпуск ядерного оружия. Работать приходилось в невероятно сложных условиях, с колоссальным напряжением физических и моральных сил, не зная ни сна, ни покоя, не уходя с производства по 14—16 ч.



Константин Арсеньевич Володин родился 27 мая 1901 г. в д. Енотаевка Астраханской области (умер в 1986 г.). В 1930 г. по окончании Военно-технической академии им. Дзержинского назначается на должность старшего военного представителя артиллерийского Управления РККА, а в 1938 г. — главным инженером, затем — директором завода Наркома Вооруженных сил СССР. С декабря 1949 г. по январь 1952 г. К.А. Володин руководил пер-

вым отечественным заводом по серийному производству ядерного оружия — Предприятием № 551 («Авангард»). С апреля 1952 г. К.А. Володин стал руководителем строительства крупного приборостроительного предприятия на Урале. За активное участие в укреплении обороны страны К.А. Володин награжден орденами и медалями.

Чтобы сосредоточить усилия конструкторов КБ-11 на разработке новых видов изделий, было принято решение об освобождении их от отработки конструкторской документации для серийного производства. С этой целью в 1951 г. в составе КБ-11 был организован серийно-конструкторский отдел № 10, преобразованный позднее в сектор № 10. На протяжении первых пяти лет его работу возглавлял С.И. Карпов. А в 1957 г. сектор № 10 выделился из состава КБ-11 и стал серийным конструкторским бюро (ОКБ) Завода № 551. Однако СКБ являлось одновременно органом ГУ Министерства, так как до 1961 г. обслуживало все серийные предприятия, пока из них не были созданы собственные ОКБ. В числе работников СКБ того периода следует назвать В.А. Профе, прошедшего путь от руководителя группы до главного конструктора, П.П. Вискова и А.П. Коржевского — заместителей главного конструктора. Здесь работала инициативная группа специалистов высокой квалификации: Н.С. Золотухин, С.А. Соколов, А.И. Малыгин, Л.М. Черный, А.А. Блинов и др.

Становление отдела главного технолога началось с первой половины 1950 г. Основателем и первым руководителем отдела был В.В. Касютыч, а в числе его первых сотрудников были С.И. Ходакевич, А.А. Карасев, В.П. Халтурин, Ю.Н. Смирнов, О.П. Кондратов, Н.И. Тузов, В.П. Алеллин и другие, много сил, энергии, знаний отдавшие решению задач технологической подготовки производства.

Начало организации отдела главного механика относится к предпусковому периоду 1950—1951 гг., когда на строящемся предприятии в этот период были поставлены задачи технического надзора за ходом монтажных работ и вводом оборудования в эксплуатацию. Работой отдела руководил главный механик предприятия М.В. Воронцов, а с октября, 1951 г. — М.В. Староверов. Из работающих в то время нельзя не вспомнить старшего инженера планово-предупредительного ремонта П.А. Блинова и инженера-конструктора П.К. Борзова.

Комплектование кадрами специалистов было чрезвычайно сложным делом, ведь фактически в стране не было в те годы специалистов требуемого профиля. Более того, нужны были люди активные, мыслящие, готовые внести свою лепту в решение сложных задач. Насколько это было важно, свидетельствует тот факт, что в отборе специалистов принимали участие не только ответственные работники по подбору кадров, в частности, А.М. Хмелевцов — заместитель начальника КБ-11, но даже лично выезжали на места (во многие промышленные центры страны) и П.М.Зернов, и Ю.Б. Харитон, и В.И. Алферов, и другие руководители.

Комплектование кадров шло через городские и областные комитеты партии, на руководящие должности назначались высококвалифицированные специалисты. Инженерно-технический персонал и рабочие разных специальностей направлялись на объект с ведущих заводов страны — из Москвы, Ленинграда, Горького, Куйбышева, Воронежа и других городов. Вновь прибывшие на предприятие работники проходили стажировку на опытных заводах и лабораториях КБ-11. В первые годы работы становления предприятия опытные заводы оказывали помощь в выполнении его производственной программы, ведь в тот период завод был в едином с КБ-11 административном подчинении (КБ-11 было филиалом

Лаборатории № 2, возглавляемой И. В. Курчатовым).

«Поскольку производство только организовывалось и это, мы знали, очень нужно было стране, — мы не задумываясь взялись за работу», — вспоминает Е. П. Назарова — одна из первых специалистов завода. «Для нас это было, в какой-то степени, даже престижно — такое дело доверили! Правда, мы не очень представляли себе, куда идут те или иные наши изделия, но работали на совесть! Мне посчастливилось работать рядом с теми, кто приехал на объект с других оборонных заводов, работавших в годы войны. Это были люди суровой закалки. Их ответственность за дело передавалась и нам, молодым. Среди них В. И. Стробыкин, А. А. Блинов, М. А. Квасов, А. И. Малыгин. Александр Ильич — превосходный специалист, грамотный конструктор. Казалось порой — нет выхода, а он вдруг находит его и — такой простой. Одно удовольствие было работать с такими людьми». И действительно, здесь собралась школа лучших подрывников страны. Они были не просто сотрудники, но и единомышленники.

В декабре 1951 г. предприятие выдало первую серийную продукцию — изделия РДС-1. Это был поистине трудовой подвиг рабочих, инженерно-технических работников и служащих.

На конец 1951 г. капиталовложения на строительство завода составили 1,2 млн. руб., численность промышленно-производственного персонала — 590 человек, в том числе 329 рабочих. А к концу 1952 г. завод располагал уже 15-ю зданиями и сооружениями общей площадью около 21 000 м², в том числе 6500 м² основного производства.

Завод проектировался и строился для ежемесячного выпуска двух — трех изделий без учета возможной перспективы освоения новых видов изделий в части увеличения их габаритов, массы и усложнения конструкции. Пропускная способность цехов не была оценена должным образом. Нехватка производственных помещений и оборудования стала ощущаться с первых месяцев работы предприятия и, учитывая сложившуюся обстановку, Совет Министров СССР принял Постановление о расширении предприятия и строительстве механосборочного, инструментального, электро-

монтажного цехов и цеха сборки изделий. Их строительство закончилось в 1960 г.

Изготовленные на заводе изделия поступали в войска, где их было необходимо грамотно эксплуатировать, соблюдая жесточайшие нормы по мерам безопасности и регламентным работам. С этой целью на предприятии были созданы курсы усовершенствования военных инженеров, «Академия Назаревского» (по имени первого руководителя курсов). Позднее курсы были преобразованы в учебный центр и в 1957 г. переведены в Министерство обороны.

В соответствии с проектом, отражающим конструктивные и технологические особенности подлежащих изготовлению изделий, их специфику, безопасность и другие факторы, в составе предприятия было создано три самостоятельных производства. Первое — должно было обеспечивать изготовление деталей и сборку узлов, контроль составных частей, поступающих по кооперации, лаборатории для проверок испытания. На территории первого производства также размещены цехи общего назначения и все службу предприятия. Его главными производственными сооружениями были семь зданий. Механический цех находился в здании 101, в нем размещались участки механической обработки, слесарный, заготовительный, гальванический, термический, ЦИЛ, инструментальный. Начальником цеха в 1950 г. был назначен И. М. Иванов, позднее его сменил А. А. Якушев.

Электромонтажный цех помещался в здании 102. Там были организованы электромонтажный участок, лаборатория типовых испытаний. Часть площадей предназначалась для выполнения контрольных операций и испытания готовой продукции. Сейчас это цех № 3, и размещается он в других зданиях. Руководителем этого цеха в 1951 г. был назначен А. Г. Ногинов, а спустя 2 года его сменил будущий директор завода М. А. Григорьев.

Ремонтно-механический цех (цех № 12) занимал здание 301. Его первым начальником был М. П. Харламов, позже руководителем стал А. В. Балакшин. В октябре 1951 г. был организован котельно-сварочный цех. В состав цеха входили котельно-сварочное, кузнечное, пескоструйное отделения. Первоначально работу этого цеха возглавлял Л. Н. Варшавский, в 1964 г. его сменил Н. Ф. Бурмистров.

Механосборочный цех для изготовления де-

талей из спецпродукта и сборки узлов (цех № 8) располагался в здании 108, первым его начальником был А.Н. Головкин. Управленческий аппарат занимал здание 320, оно сегодня называется зданием заводоуправления. Но в те годы там размещался еще цех связи и электросетей.

Одним из первых коллективов завода, по праву, можно назвать коллектив центральной заводской лаборатории. Она была организована в июне 1951 г. В этот период в лаборатории работали восемь инженерно-технических работников и восемь рабочих. В их числе высококвалифицированные специалисты с опытом работы на крупных предприятиях страны, инженеры: Г.Е. Башеченков, Г.С. Гончаров, З.П. Сметанина, лаборанты: Н.И. Сироткина, М.А. Болотова. Все они с большой любовью относились к делу. С первых дней и до 1979 г. руководил лабораторией Г.Е. Башеченков. Применение в производстве специзделий новых сложных материалов поставило лабораторию перед необходимостью разработки новых методик проведения различных анализов, механических испытаний и разработки специальных производственных инструкций. Были разработаны первые руководящие материалы на гальванические и лакокрасочные покрытия, на базе которых была выпущена «Отраслевая Нормаль», а в дальнейшем «Стандарт Отрасли».

Руководителем металлографической группы С.А. Алексеевым в 1957 г. были разработаны техпроцессы на термическую обработку тарельчатых пружин, что позволило полностью ликвидировать брак по этим деталям, тогда как при изготовлении тарельчатых пружин по старой технологии брак достигал 90%. Для обеспечения серийного производства изделий лаборатория проводила контроль поступающих на предприятие материалов, изготавливала различные растворы, клеи и т. п. К началу 1970 г. в ее составе работало уже 33 человека.

Центральная измерительная лаборатория (ЦИЛ) также была организована в 1951 г. Наличие оптико-механических приборов позволяло уже с первых месяцев работы лаборатории обеспечить единство мер на предприятии и проводить необходимые замеры с требуемой точностью. Большая работа по созданию ЦИЛ и организации ее работы проделана В.И. Николавым, работавшим начальником ЦИЛ с 1951 г. Спустя 18 лет лабораторию возглавил И.Г. Белов.

Второе производство обеспечивает окончательную сборку изделий. В состав его входят два подразделения, погреба для хранения спецпродуктов и склады. Первым начальником цеха № 5 был И.М. Иванов, цеха № 7 — И.Л. Иванов, позднее его сменил В.И. Страбыкин. А у истоков невероятно сложного процесса поисков, испытаний стоял А.Я. Мальский — первый директор опытного завода ВНИИЭФ, один из первых руководителей серийного завода.

По специальности он взрывник, и буквально с первых дней пребывания в нашем городе Анатолий Яковлевич, познакомившись с Ю.Б. Харитоновым, поразил его своим серьезным отношением к опытным работам. Ветераны завода до сих пор хранят светлую память об этом незаурядном человеке. Для них он не просто личность — историческая личность! В нем были сконцентрированы самые яркие человеческие качества, но превыше всего А.Я. Мальский ставил интересы дела, поэтому в решениях он, человек своего времени, был крут, нетерпим к недобросовестному отношению к работе и некачественному ее выполнению. Своим наставником, учителем здесь, на объекте, А.Я. Мальский всегда считал Ю.Б. Харитона. Считал, что именно Юлий Борисович и «задавал определенный тон правильного понимания качества выпускаемой спецпродукции, которую наука доверила нам, передала в серийные руки». «Никогда не забуду Государственные спецкомиссии,— вспоминает А.Я. Мальский,— которые принимали всю месячную продукцию, выпускаемую «Авангардом», и которые возглавлял Юлий Борисович. Он никогда не придирался, но с большой тщательностью проверял важнейшие параметры изделий. Приходилось немало поволноваться всем! Тем самым мы получали здоровую, правильную, научную, технически грамотную критику и наставления о том, что надо понимать под словом «качество выпускаемой продукции». А Юлий Борисович Харитон на одной из встреч с заводчанами (1976 г.) сказал: «Чувствую себя одним из первых работников завода! Почему? Да потому, что в то время, когда завод только начал работать, выпускать серийную продукцию, ряд ответственных деталей принимался 1-й группой, в которой состоял и я. Так что считаю себя работником ОТК вашего завода в течение некоторого времени».

Отдел технического контроля организован

был на предприятии в 1951 г. и работало тогда здесь 150 человек. А возглавлял коллектив на протяжении 20 лет С.С.Тарасов. Человек кипучей энергии и большого производственного опыта, он не ограничивался узкими рамками контроля качества, активно вмешивался в производственную деятельность цехов, помогая решению многих проблем.

Формирование системы спецбезопасности — это отдельная страница истории. Начальником 1-го Главного управления был в те годы Б.Л. Ванников (бывший нарком боеприпасов). Несмотря ни на что перед испытанием (да, бывало, и в ходе сборки) он обязательно приезжал на объект, порой еще в компании с И.В. Курчатковым. Ветераны завода вспоминают, как с завидным постоянством он всякий раз, передавая шуп одному из главных специалистов, требовал определить зазор... Но только контролер мог безошибочно сделать это — он не имел права на ошибку! И уж если министр приезжал контролировать ход сборки, устраивал вот такие экспромт-экзамены, значение вопросов безопасности было очевидно. Буквально «с первого гвоздя» это внушалось в умы и сознание людей — от рабочего до руководителя любого ранга. С годами конструкция изделия становилась все безопасней. Призывы «Соблюдай ТБ» уже не несет для современников той смысловой нагрузки 50-х годов. Для них, для наших первых, спецбезопасность, качество означали очень многое — это люди, отношения, судьбы. «Помнится, один из рабочих стал «гнать» брак, — вспоминает ветеран завода А.И. Малыгин, — раз, другой... Начальником объекта был тогда П.М. Зернов. Именно он и выявил причину брака. Не кто-нибудь раскопал это дело — генерал! А брак в то время мог иметь очень серьезные последствия, ведь на календаре значилось начало 50-х!»

Знаменательным для коллектива завода стал 1957 г. «Для улучшения дела обработки чертежно-технической документации на серийное производство» и во исполнение Приказа Министра с 01.06.57 г. серийный Завод № 551 и КТС-10 выделены из состава КБ-11 Главного Управления опытных конструкций в подчинение Главного Управления приборостроения. До середины 1957 г., т. е. момента выделения в самостоятельную единицу, предприятие по всем видам поставок обеспечивалось соответствующими подразделениями КБ-11.

Третье производство было создано для изготовления специзделий из радиоактивных материалов. Первое производственное здание площадью 1700 м² было введено в эксплуатацию в 1952 г. Начальником цеха № 6 (в то время он назывался лабораторией № 106) был назначен А.Д. Суворов, позднее его сменил А.И. Назаров.

С первых дней основания завода самой значимой была забота о здоровье человека. Очевидно, мало кто знает, что именно на заводе «Авангард» зарождалась система безопасности работы с радиоактивным продуктом. Здесь впервые были испытаны и внедрены основные средства защиты органов дыхания — хорошо известный всем «лепесток» Петрянова (респиратор). Именно здесь были испытаны основные средства защиты от РВ, решены основные принципиальные вопросы по организации промышленного производства и проблемам ТБ, получены чрезвычайно важные результаты. По словам академика И.В. Петрянова-Сokolова, здесь зарождались и подтверждались многие начинания. «Я считаю себя одним из Ваших ветеранов, — сказал он на одной из встреч с заводчанами в 1976 г. — Должен сообщить, что культура техники безопасности, которая является в то же время и показателем культуры производства, достигнутая на вашем заводе, не превзойдена еще нигде! За все это я, поседевший на этих проблемах, выражаю Вам свою глубочайшую признательность».

Первым руководителем отдела охраны труда и техники безопасности, созданного в 1952 г., был М.А. Белов. Но, надо сказать, что травматизм на предприятии до 1960 г. был высок. Показатель «КТ» — коэффициент частоты, характеризующий количество несчастных случаев на 1000 работающих, в 1955—1958 гг. колебался в пределах 18—26.

Самым тяжелым происшествием на заводе была гибель в 1960 г. инженера Р.А. Калашниковой, техника В.С. Бусыгина и мастера П.М. Пошина, происшедшая при уничтожении 500 кг взрывчатых веществ. Комиссия, проводившая расследование, высказала предположения, что взрыв произошел при установке на уничтожаемые детали искрового капсуль-детонатора, очень чувствительного к статическим зарядам, которые могли возникнуть на исполнителе. Были приняты чрезвычайные меры для исключения подобных происшествий, проведены реконструкция цехов и пере-

планировка станочного оборудования, внедрена безопасная технологическая оснастка и т. д.

С 1960 по 1969 гг. «КТ» значительно снизился и колебался в пределах 2—5. Большой вклад в улучшение составления техники безопасности и охраны труда на предприятии внес А.Е. Горбунов, возглавивший этот участок с 1960 по 1983 г.

Необходимо сказать, что на заводе, который является потенциально опасным объектом, за последние годы проведена большая работа по обеспечению повышающихся требований специальной безопасности при сборке и разборке специальных боевых частей (СБЧ). На спецпроизводстве завода для разборки физических соор. содержащих взрывчатые и делящиеся материалы, оборудованы кабины, обеспечивающие локализацию продуктов взрыва при возможной аварии. Это было осуществлено в сжатые сроки на хорошем техническом уровне. В последующем опыт ЭМЗ «Авангард» использовали и другие специальные заводы России.

Координация и техническое руководство в решении основных задач по повышению требований специальной безопасности осуществляются главным инженером завода «Авангард» А.Г. Орловым который в 1995 г. награжден орденом «Знак Почета».



Александр Густавович
Орлов

Наиболее радиационно-опасным производством на предприятии было производство полония-210 и изготовление из него изделий на третьем производстве.

В зоне повышенной радиации работали по 6 ч без защиты органов дыхания и без пленочной спецодежды. К работе допускались женщины. Все эти факторы приводили к тому, что коллектив цеха в первые годы его работы приходилось часто обновлять вследствие вывода из его состава лиц с хроническими профессиональными заболеваниями или с начальными явлениями таких заболеваний. Их количество с 1954 по 1957 г. доходило до 30. Начиная с 1958 г. число профбольных резко снизилось. Коренное улучшение условий

труда в цехе, его реконструкция и введение полуавтоматических процессов в технологии производства фактически привели к ликвидации хронических профессиональных заболеваний.

Возглавлял лабораторию дозиметрического контроля — сложную, опасную, но благородную работу, направленную на обеспечение радиационной безопасности трудящихся, — А.В. Смирнов, преданный своему делу человек. Он до сих пор работает на третьем производстве, руководит одним из сложнейших участков. И в настоящее время в составе завода «Авангард» имеется уникальное и единственное в России, а возможно, и во всем мире производство полония-210. Выпуск изделий на основе полония-210 для военных целей был прекращен в конце 1961 г. и сразу же началась конверсия полониевого производства, хотя слово «конверсия» в те годы не применялось. Здесь выпускались полоний-бериллиевые нейтронные источники, которые применялись в геологоразведке полезных ископаемых (в основном нефти). А в 1963 г. были начаты работы по разработке и изготовлению радиоизотопных источников тепла на основе полония-210 для космических целей. Задача — получить электроэнергию для питания приборов и создания необходимого температурного режима на искусственных спутниках Земли, так как 1 кг полония выделяет 140 Вт тепловой энергии за счет радиоактивного распада.

В 1969, 1979 и 1973 гг. были запущены три тепловых блока, установленных на «Луноходах». Причем, первый запуск «Лунохода» был неудачен — произошла авария с ракетным комплексом, и тепловой блок упал на землю



Михаил Агеевич
Григорьев



Владимир Григорьевич
Фоломеев



Евгений Иванович
Журавлев

на полигоне (с высоты нескольких километров). Но ампулы сохранили герметичность. Снег вокруг КБ сразу же растаял.

Возглавляли эти работы доктор техн. наук И.М. Горский, заместитель главного инженера Г.И. Антонов, канд. техн. наук, и Е.И. Журавлев — начальник цеха, ныне заместитель генерального директора по произ-

водству.

За организацию разработки и выпуск источника директору завода М.А. Григорьеву в 1973 г. была присуждена Ленинская премия.

Более 25 лет (1960—1985) Михаил Агеевич был бессменным директором завода, пройдя совсем нелегкий трудовой путь до своих вершин от рабочего. Именно здесь, на «Авангарде», в полной мере раскрылись его талант и способности как государственного деятеля, прекрасного организатора производства, высококвалифицированного специалиста, умелого руководителя, Человека, который постоянно находился на острие событий, человека с обостренным чувством новизны. Благодаря его неумной энергии и настойчивости завод стал монополистом в производстве безопасных капсулей-детонаторов. Эта работа была отмечена Государственной премией. Многие, что сделано на заводе в части развития предприятия, социальной сферы, как говорят, «задумано им и велено им». Он пробудил у заводчан и интерес к науке. Сейчас на «Авангарде» трудятся семь кандидатов технических наук. У М.А. Григорьева было глубоко развито чувство уважения к человеку ищущему, человеку труда.

В 1973 г. главным инженером завода был назначен В.Г. Фоломеев, человек незаурядного ума, организаторских способностей, человек настойчивый, энергичный, всегда находивший системность в любом деле. Позднее он стал директором «Авангарда», а 12 лет совместного руководства с М.А. Григорьевым дали блестящие результаты. Именно они вывели завод на самые передовые рубежи в отрасли.

Опыт, приобретенный в 60-е годы, позволил

работникам завода имеющего изотопное производство, начиная с 1972 г. совместно с сотрудниками других институтов и предприятий нашей отрасли (ВНИИТФА, РИ им. В.Г. Хлопина, ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, ПО «Маяк») участвовать в разработке и изготовлении разных изделий на основе плутония-238.

К настоящему времени по программе «Марс-96» завершено изготовление 24 ампул РИТ «Пантера», 6 ТБ «Ангел» с тепловой мощностью 8,5 Вт и 6 РИТЭГ «Ангел» с электрической мощностью 150—220 мВт.

За 40 лет существования завода произошли огромные изменения. В этот период выполнен большой объем работ по строительству и введению в эксплуатацию новых цехов, зданий, сооружений, складов. Появились новые производства, реконструированы старые производственные помещения. Организованный в 1957 г. отдел капитального строительства, насчитывающий тогда всего семь человек, был укомплектован с годами квалифицированными специалистами соответствующего профиля. Сейчас он состоит из пяти групп: проектной, планово-экономической, группы оборудования, генплана, инженеров-кураторов. А первым начальником ОКС был Б.К. Квятковский, чуть позднее руководителем стал И.П. Александров.

С 1970 г. в серийном производстве осваивались вновь разработанные изделия, по своим техническим характеристикам и трудоемкости превосходящие ранее выпускаемые. Это обязывало службу завода искать технические решения, основанные на современных достижениях науки, а производство — использовать прогрессивное и высокоэффективное оборудование.

В 1976 г. за успешное выполнение заданий партии и правительства, за освоение новых видов изделий Указом Президиума Верховного Совета СССР ЭМЗ «Авангард» награжден орденом Трудового Красного Знамени. Одновременно орденами и медалями Советского Союза награждены 16 человек из числа рабочих, ИТР, служащих. Всего с 1971 по 1980 гг. орденами и медалями награждены 171 человек.

В этот период очень широко внедрялись новые технологические процессы и современное высокопроизводительное оборудование, например, изготовление и контроль высоковольтных переходников и разводов цеха № 3, где был создан участок с применением лазерной сварки

(установка «Квант») и опрессовки полиэтиленом разъемов переходников и разводов.

Разработана (в цехе № 8) технология вспенивания пенополиуретана в корпусных деталях больших габаритов. При этом были обеспечены высокие требования по технике безопасности. Там же внедрен процесс полуавтоматической контактной сварки титана, для чего разработан и изготовлен робототехнический комплекс.

В цехе № 4 модернизирована и внедрена установка «Булат-3Т» по нанесению покрытия нитридом титана для упрочнения режущего инструмента. Для этой же цели внедрен робототехнический комплекс «МИУРИ-2А», работающий на магнито-импульсном принципе.

В цехе № 15 смонтирована установка плазменной резки с фотокопировальным устройством, она дала высокий экономический эффект и повысила культуру производства участка.

На заводе традиционно использовались быстропереналаживаемые универсальные сборочные приспособления (УСП), позволяющие оперативно собрать их и применить в технологической цепочке.

Большое внимание уделялось внедрению механизированных и автоматизированных средств для контроля изготавливаемых изделий и сборочных единиц на окончательных и промежуточных операциях. Характерным примером может служить автоматическая измерительная система нового поколения «ТАКТ-51». Ее внедрение позволило объективно контролировать практически все специзделия по специальным программам, разработанным для каждого конкретного изделия с минимальным участием оператора и фиксацией на ленте проверяемых параметров.

Для автоматизации контроля геометрических параметров деталей в отделе метрологии и цехе № 4 внедрены многокоординатные электрические измерительные машины МИДИ-130В. Автоматизированные средства контроля практически внедрялись во всех основных цехах предприятия.

Проделан большой объем работы по внедрению единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), сдаче в промышленную эксплуатацию второй очереди автоматизированной разработки программ для станков с ЧПУ типа «обрабатывающий центр».

Созданы новые виды производств — участки

сборки изделий термовакuumной обработки, изготовления свинцовых заготовок и обработки свинца, испытаний фреоном и гелием и др.

Внедрялись новые технологические процессы, которых не было ранее: изготовление палладированного силикагеля, вакуумная пайка, аргоно-дуговая сварка деталей из титана, штамповка деталей взрывом, нанесение покрытий плазменным методом и т.д. Завод начал освоение и выпуск новых изделий — технических средств охраны (ТСО), первое из которых ДУЗ — ультразвуковой датчик сигнализации. Наиболее широко изготовление ТСО началось в конце 70-х годов, когда значительно расширилась номенклатура. Развитие производства основывалось на заказах КГБ СССР для решения задач охраны государственных учреждений, посольств, важнейших объектов страны (в Кремле, в Форосе, в посольстве СССР в Кабуле, в комплексе зданий ЦК КПСС).

Сегодня поиск заказов для приборного производства идет в нескольких направлениях: собственно ТОО:

оборудование пожарной сигнализации; средства радиосвязи серии «Берег».

Организация производства систем радиосвязи серии «Берег» в настоящее время кажется наиболее перспективной в сотрудничестве с ФАПСИ.

Первоначальный период 80-х годов характеризовался стабильными производственными показателями. Непрерывно увеличивался объем выпускаемой продукции, так, например с 1980 по 1985 г. он увеличился более чем в 1,5 раза, а производительность труда возросла более чем в 1,4 раза.

С 1 января 1989 г. предприятие, как и вся отрасль, перешло на работу в условиях полного хозяйственного расчета и самофинансирования, завод начал работать в условиях действия закона о государственном предприятии. В этот период наметились резкие структурные изменения в объемах и номенклатуре выпускаемых изделий. Объем специальной техники в 1990 г. составил 85%, вырос объем ТСО, увеличились номенклатура и объем товаров народного потребления, к выпуску которых завод приступил в 1989 г. в рамках конверсии предприятий.

К этому времени наметилась тенденция к последующему сокращению ядерного оружия, согласно Международным договорам. В этих условиях требовалось принимать дальновид-

ные решения по сохранению коллектива завода, выбрав правильное направление конверсии. Такие решения были приняты директором Ю.К. Завалишиным, работавшим на предприятии с 1955 г. Здесь проходили все ступени становления руководителя. События начала 90-х годов, происходящие в стране и во всем мире, не могли не отразиться на жизни и деятельности коллектива завода. Именно тогда, в апреле 1990 г., Ю.К. Завалишин и был назначен на должность директора предприятия. После проведения большой и оперативной работы по омоложению кадрового состава руководителей под его руководством и при его непосредственном участии были выработаны основные направления конверсии и определена основная номенклатура конверсионной продукции. В сжатые сроки проведена реконструкция ряда производств с созданием цехов и участков, подготовлен и обучен персонал. Все это позволило освоить более 100 наименований продукции и обеспечить занятость половины личного состава завода, и, несмотря на сократившиеся объемы основной продукции, позволило заводу нормально работать, обеспечив стабильную индексацию и своевременную выплату заработной платы.



Юрий Кузьмич Завалишин родился 3 октября 1932 г. в с. Котенино Челябинской обл. После окончания Уральского политехнического института направлен в 1955 г. на предприятие п/я 975 (Арзамас-16) инженером-технологом. С 1958 г. Ю.К. Завалишин работает заместителем начальника и начальником цеха, с 1966 по 1973 г. — на выборной партийной работе. В 1973 г. Ю.К. Завалишина назначили главным технологом — заместителем главного инженера, в 1983 г. — главным инженером завода, а в апреле 1990 г. — директором завода.

За добросовестный труд и личный вклад в организацию серийного производства ядерных боеприпасов Ю.К. Завалишин награжден орденами и медалью. Ему присвоено звание «Заслуженный машиностроитель России». Ю.К. Завалишин является член-корреспондентом Российской и Международной инженерной Академии, а в 1995 г. за отработку и освоение серийного производства специальной техники удостоен Государственной премии РФ в области науки и техники.

Частичная конверсия оборонных предпри-

ятий — явление безусловно положительное, оно дает хороший импульс в улучшении благосостояния народа.

На заводе принято пять направлений конверсии:

расширение производства технических средств охраны (приборов для охраны квартир, дач, гаражей, автомобилей);

разработка и производство медицинской техники и прежде всего аппаратов для внепочечного очищения крови;

производство оборудования для переработки молока;

разработка и выпуск технического оснащения противодиверсионной деятельности;

производство товаров народного потребления.

За прошедшие годы выполнена и большая социально-культурная программа. Построен заводской лагерь отдыха для детей на 1400 мест, летняя и зимняя базы отдыха предоставляют заводчанам необходимые удобства для проведения там выходных дней. Предприятие располагает хорошим спортивно-оздоровительным комплексом, клубом проведения досуга «Авангард», поликлиникой, достаточно оснащенной современным диагностическим оборудованием, с широким диапазоном использования различных видов физиолечения.

Прошли годы — десятилетия! Авангардовцы — сплоченный, трудолюбивый коллектив, богатый добрыми традициями. Здесь появились рабочие династии, в том числе династия Е.А. Прялова — токаря, Героя Социалистического Труда, Почетного гражданина города. Он проработал на заводе 35 лет и до сих пор продолжает поддерживать связь с трудовым коллективом через своих детей.

В числе первых приехал на завод токарь высокой квалификации Н.И. Аминев. На предприятии продолжают трудиться его двое детей и внук, бережно относящиеся к наградам отца и деда — медали «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.»

Сорок лет работает на предприятии С.К. Анненков, токарь-расточник, один из учеников Н.И. Аминева. Он кавалер двух орденов Трудовой Славы, удостоен почетного звания «Заслуженный машиностроитель СССР».

В числе других на заводе трудятся и династии В.И. Бережного, Е.Н. Семкина, Ю.С. Кураженкова, В.И. Агеева, О.И. Грубенко.

Авангард — от латинского «идуший впереди». И мы действительно были и есть первые в области серийного производства техники, укрепляющей могущество нашей Родины.

«Вы были, есть и останетесь первыми всегда!» — сказал А. Я. Мальский — один из первых руководителей завода, приехавший на 25-летний юбилей предприятия. — «Гагарин

был первым в истории космонавтики. Вы — первые в истории серийного производства специальной техники. Что особенно отличает авангардцев, — так это чувство высокой ответственности и беспокойства, благородного беспокойства за порученное дело, это чувство высокой дисциплины, чувство единства во всем, сплоченность!»

«Электрохимприбор»

Л.И. Надпорожский, Л.А. Поляков, А.В. Митюков

Комбинат «Электрохимприбор» ордена Ленина, ордена Октябрьской революции, имени 50-летия СССР — это частица ядерного уникального комплекса. 6 июня 1947 г. постановлением Совета Министров СССР было принято решение о строительстве первой очереди завода для электромагнитного обогащения и производства урана-235. Первым директором завода был назначен Д.Е. Васильев с Суксунского завода.



Дмитрий Ефимович Васильев родился в 1902 г. в Пермской области. В 1931 г. был направлен на учебу в Уральский политехнический институт на механический факультет. В 1933 г. Дмитрий Ефимович поступает на Уралмашзавод, продолжая учиться. После окончания института он на Уралмаше прошел путь от мастера участка до заместителя главного инженера завода. В 1945 г. назначается главным инженером и через год — директором завода № 174, а 6 июня 1947 г. по предложению А.М. Петросьянца — директором завода «Электрохимприбор».

В 1955 г. переведен на другой объект — Челябинск-70. В этот период награжден тремя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, орденом Отечественной войны II степени, стал Лауреатом Государственной премии.

Дмитрия Ефимовича отличала феноменальная память, особенно на людей. Однажды встретившись с человеком, он запомнил его на всю жизнь. Люди, работавшие с ним, отмечают его порядочность и деловую хватку, умение масштабно, по-государственному решать проблемы, способность творчески объединить тысячи людей. Ему и была поставлена задача в течение 2—2,5 лет построить завод и город и приступить к выпуску продукции.

Уже в июле 1947 г. специальная комиссия провела официальный осмотр местности и окончательно выбрала площадку для строительства завода «Уралэлектрохимприбор».

Окончательный «вердикт» о месте строительства вынес председатель комиссии А.М. Петросьянец, в дальнейшем вместе с Л.А. Арцимовичем часто бывавший на заводе «Электрохимприбор». Место выбора завода было предопределено наличием источника электроэнергии, необходимого для электромагнитной установки СУ-20. В августе 1947 г. началось строительство зданий будущего завода.

В течение 1947—1949 гг. предстояло освоить 407 млн. руб. Только строительно-монтажных работ нужно было выполнить на 253 млн. руб. — очень большой объем по тем временам. И это только для первой очереди завода. Установка СУ-20 представляет собой электромагнитный сепаратор с разделительными камерами, системой форвакуумной и высоковакуумной откачки, системой электрического питания, мощного электромагнита и т. д.

Установка СУ-20 была изготовлена на заводе «Электросила» (Ленинград) и являлась для своего времени уникальным сплавом достижений теоретических и прикладных наук, инженерного искусства и экономической мощи государства. С первых дней строительства и по 1955 г. научным руководителем был Л. А. Арцимович.

В январе 1948 г. начальником ПГУ при СМ СССР Б. Л. Ванниковым утверждена структура и штатное расписание завода «Электрохимприбор». В мае 1948 г. согласно техническому заданию Ленгипрострой закончил и выдал в работу проекты строительства первой очереди завода «ЭХП». Для будущего завода учеными ЛИПАН в Москве готовились кадры. Там же готовилась документация, осуществлялись заказы необходимого для пуска завода оборудования и оснастки, осуществлялось материально-техническое обеспечение объекта и строительства. Проектирование специального вакуумного оборудования производилось Научно-исследовательским вакуумным институтом (НИВИ) Министерства электропромышленно-

С.А. Векшинского, часто бывавшего на строящемся объекте. Изготовление вакуумного оборудования было поручено Московскому заводу имени Владимира Ильича (ЗВИ).

Проектирование и шеф-монтажные работы разделительных электромагнитных установок осуществлялись специально созданным ОКБ на Ленинградском заводе «Электросила». Работы велись под руководством главного конструктора, а затем заместителя министра электротехнической промышленности Д.В. Ефремова.

Жесткие сроки капитального строительства могли быть выдержаны только благодаря высокой степени организации производства и самоотверженности всего коллектива работников завода и строительства. Постоянную помощь оказывал Главпромстрой, возглавляемый А.Н. Комаровским, который непосредственно на строящемся объекте оперативно решал вопросы по ускорению его строительства, укреплению стройки кадрами, улучшению снабжения материалами и механизмами.

Обеспечение работы установки СУ-20 с уникальными параметрами неизбежно предъявляло особые требования к оборудованию и конструкции зданий. Так, на Кузнецком металлургическом заводе специально для завода «Электрохимприбор» были изготовлены балки специального сплава, не реагирующего на мощное магнитное поле. На Ленинградском заводе «Светлана» разработаны и изготовлены сверхмощные генераторные лампы для электронных блоков установок.

Ход строительства сопровождался значительными трудностями. Однако энтузиазм работающих, напряженность труда были крайне высокими.

При формировании коллектива проводился жесткий отбор кадров.

К весне 1950 г. были построены здания завода и начался монтаж технологического оборудования. Все это делалось параллельно со строительством.

В четвертом квартале 1950 г. провели опытную эксплуатацию и пуск основного оборудования машинного зала и шитовых устройств. В этом же году коллектив предприятия приступил к выпуску изотопов урана-235. Первая продукция была выдана в декабре 1950 г.

Однако уже через полгода после начала электромагнитного разделения изотопов урана стало ясно, что задача по выпуску урана-235

может быть успешно решена без использования электромагнитного метода разделения. Следует новое задание Правительства по выпуску новой продукции — изотопов лития. Работы по разделению изотопов лития продолжались под руководством академика Л.А. Арцимовича.

Важную роль в этот период отработки конструкции установки и технологических процессов играл П.М. Морозов, доктор физико-математических наук, постоянно находившийся на заводе. Большинство сотрудников, участвовавших в этот период времени, прошли отличную стажировку в ЛИПАН. Они и составили костяк коллектива. Забегая вперед, следует отметить, что в это и последующее время на заводе не прекращалась инженерная и научная деятельность по всем направлениям процесса разделения изотопов. Кандидатами технических наук стали Г.М. Фрадкин, М.В. Незлин, А.В. Грижас, В.В. Новицкий, Ф.Ф. Гаврилов. Многолетний труд коллектива по разработке оборудования и совершенствованию технологических процессов обобщен в докторских диссертациях Н.А. Кашеева и В.А. Дергачева.

Главным результатом творческого труда всего коллектива стало освоение впервые в СССР промышленного разделения изотопов лития. К началу 1953 г. было наработано необходимое количество изотопов лития, что позволило в установленные Правительством сроки создать первую в мире водородную бомбу.

Разделение изотопов лития электромагнитным методом продолжалось до 1955 г., когда на другом предприятии был создан более экономичный и производительный метод разделения изотопов лития. С 1955 г. электромагнитная установка переведена на производство широкой номенклатуры стабильных изотопов. Стабильные изотопы имеют особое значение. Их производство определяется в первую очередь потребностью фундаментальных исследований в области ядерных реакций, определении схем распада, магнитных моментов, энергетических уровней ядер и т. д. В стране создается государственный фонд стабильных изотопов, основную номенклатуру которого составляют изотопы, изготовленные заводом «Электрохимприбор».

За прошедшее время произведено разделение изотопов 44-х элементов, из них изотопы

10 элементов были разделены впервые. Качество разделенных изотопов находится на уровне мировых требований. По номенклатуре и объему производимых стабильных изотопов 52% приходится на Комбинат «Электрохимприбор».

Выпущенная продукция широко используется в науке, технике, медицине, сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства. Стабильные изотопы экспортируются более чем в 80 стран мира, включая и такие высокоразвитые, как Великобритания, Германия, Франция, США, Канада.

В развитии и совершенствование промышленного электромагнитного метода разделения изотопов большой вклад внесли советские ученые и инженеры: М. С. Иоффе, А. В. Жирнов, Г. М. Фрадкин, М. В. Незлин, В. И. Райко, Н. В. Грижас (создание промышленного ионного источника); В. С. Золотарев, И. А. Агеев, И. Н. Данилов, А. В. Корытников, Н. И. Дацко, М. А. Холоденко, А. И. Белобородов, К. В. Гребенкин, В. В. Тунин, Л. И. Староверов, Р. Н. Кузьмин (разработка промышленной технологии разделения изотопов); П. А. Алексеев, К. А. Дворкин, Д. Н. Горячев, С. П. Миронов, Ю. С. Титова, Т. И. Базарова, А. И. Демидова, Г. А. Дацко, Г. В. Киселев, В. П. Бочин (разработка технологии химической переработки изотопов); А. Ф. Петрусевич, В. С. Колегов, Л. П. Строганов, Б. Д. Гладков, В. Э. Пеплов (совершенствование электротехнического вакуумного и вспомогательного оборудования); В. А. Суздальев, В. В. Богданов, В. В. Новицкий (разработка метода изотопного анализа); Ф. Ф. Гаврилов, М. И. Федоровская, В. А. Корытникова, Л. М. Бушкова, И. П. Ипатова, А. Н. Татаринев (разработка методик химического спектрального рентгенофлуоресцентного анализа); Н. А. Кашеев, В. А. Дергачев. Так начиналась история завода «Электрохимприбор», его первых строителей, инженеров, ученых и многих других.

Постановлением Совета Министров СССР от 15 сентября 1951 г. завод, наряду с выпуском изотопов лития, ориентирован на изготовление и выпуск ядерных боеприпасов (ЯБП) и зарядов. Руководителем специалистов, работавших над созданием производства ЯБП стал прибывший на завод в 1953 г. из Арзамаса-16 А. Я. Мальский, назначенный первым заместителем директора, а с 1955 г. директором заво-

да. Его роль в создании производства ЯБП, в развитии исследований, в становлении научных и инженерных кадров неопределима.

Анатолий Яковлевич Мальский родился в 1909 г. в станице Митякинской Ворошиловградской обл. В 1933 г. после окончания Ленинградского технологического института поступает на один из машиностроительных заводов г. Ленинграда. В 1947 г. с одного из оборонных заводов Куйбышевской области уже в звании инженер-полковника приехал в КБ-11 (Арзамас-16) и был назначен директором опытного Завода № 2. В 1953 г. направлен заместителем директора завода «Электрохимприбор». В 1955 г. назначен директором этого предприятия, где и работает до 1971. В 1964 г. А. Я. Мальский защитил диссертацию канд. техн. наук. А. Я. Мальский в 1971 г. переходит на вновь строящийся завод в г. Обнинске в качестве директора этого завода. Его труд отмечен многими правительственными наградами: четырьмя орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени, званием Герой социалистического Труда, он лауреат Ленинской и Государственной премий.



За сравнительно короткий срок было создано предприятие, включающее в себя весь цикл технологических производственных процессов для изготовления, сборки и выпуска в серийном производстве ЯБП.

Таким образом, и без того сложный завод был перепрофилирован на многоотраслевое хозяйство с некоторыми совершенно обособленными специфическими производствами.

В разное время образуются и входят в строй такие подразделения как механическое, химико-технологическое, цех автоматики, механо-сборочное, инструментальное, испытательная площадка, цеха сборки ЯБП, гальваническое, ремонтное, литейное, деревообрабатывающее, КИПиА и т.д.

С 1955 г. завод, согласно решению СМ СССР от 03.05.55 г. № 4659, был реконструирован. Улучшены условия труда, возросли механизация и автоматизация, производительность труда, улучшились качество и изготовление новых конструкций спецбоеприпасов. Одновременно была создана металлургическая база. Общая площадь, занимаемая заводом, достигает 45 км². Железнодорожных путей,

принадлежащих заводу, стало около 30 км, автодорог около 100 км. На р. Б. Именная в районе поселка Горный построена плотина для образования нового водохранилища.

В 1973 г. началось строительство пресового корпуса для производства крупногабаритных точных штамповок. Этот комплекс создавался и осваивался в несколько очередей. Окончательное строительство закончилось в 1989 г.

После 1953 г. были созданы такие подразделения как электровакуумное производство, лаборатория дозиметрического контроля, отдел стандартизации и нормализации, отраслевая нормативно-исследовательская станция, вычислительный центр, технологический отдел для разработки техпроцессов по спецбоеприпасам, заготовительный цех, отдел главного металлурга, ЦОНИЛ АСУТП-2, цех по изготовлению аккумуляторов и некоторые другие цеха и подразделения.

Генеральное проектирование цехов основного производства осуществлялось Ленинградским Государственным институтом комплексного проектирования (ГИПК). Генеральным конструктором изделий, выпускаемых заводом в начальный период, являлось КБ-11 (научный руководитель — академик Ю.Б. Харитон).

В 1957 г. на заводе создано Серийное конструкторское бюро. Первым главным конструктором СКБ назначен С.А. Жуков. Основной принцип его работы — беспрекословное выполнение требований технической документации, коллегиальное обсуждение возникающих вопросов и персональная ответственность главного конструктора за их решение. Много лет спустя, еще и сейчас, бытует его фраза: «Нужно собраться и разобраться...» Но если из его уст звучали слова: «Нет, это изменить нельзя», — то это было окончательное решение. Родина высоко оценила его работу. С.А. Жуков — лауреат Ленинской и двух Государственных премий, дважды награжден орденом Ленина и другими орденами и медалями.

Способным учеником и продолжателем дела С.А. Жукова стал приехавший вместе с ним из Арзамаса-16 А.В. Митюков. В дальнейшем на посту главного инженера (1979 г.) и директора (1989 г.) он внес вклад в техническое перевооружение, в разработку и освоение специальных технологических процессов. Для решения этих проблем привлекал профессионалов высокого уровня не только завода, но и других

институтов и КБ. При нем началась конверсия производства.

С 1958 г. завод подключается к выпуску специзделий, разрабатываемых коллективом ВНИИТФ, где научным руководителем был академик Е.И. Забабахин. С 1959 г. завод приступил к освоению специзделий, разработанных коллективом КБ-25 под руководством А.А. Бриша.

Анатолий Владимирович Митюков родился 5 апреля 1931 г. в г. Гурьевске Новосибирской обл. В 1950 г. поступил в Томский политехнический институт им. С.М. Кирова. После окончания института по специальности «технология машиностроения» в 1955 г. направляется на работу в КБ-11 (Арзамас-16) инженером-конструктором. В 1957 г. переведен на завод «Электрохимприбор» в серийно-конструкторское бюро (СКБ), где работал на разных должностях. В январе 1979 г. назначен главным инженером комбината «Электрохимприбор», а с 1989 по 1991 г. его директором. Имеет награды: орден «Знак Почета» орден Трудового Красного Знамени, две медали, является лауреатом Государственной премии.



С 1961 г. коллектив завода приступил к освоению и выпуску нейтронных трубок разработки научно-исследовательского вакуумного института (в дальнейшем НИВТ им. академика С.А. Векшинского).

Как показала практика, создание на заводе мощного коллектива опытных научно-исследовательских и конструкторских кадров обеспечило успешное решение сложнейших проблем.

В 1969 г. на заводе «Электрохимприбор» создан ученый совет под председательством заместителя министра, доктора технических наук А.Д. Захаренкова. На ученом совете шесть человек защитили диссертации кандидатов технических наук. Первым защитил кандидатскую диссертацию по теме «Размерное прессование брикетов из дейтерида и гидрита лития «холодным» способом» руководитель технологической группы И.А. Вотяков. Внедрение этой технологии на заводе «Электрохимприбор» позволило отказаться от механического

участка, от уникальных электроемких электропечей, сократить в несколько раз цикл производства, оздоровить атмосферу цеха, резко сократить расходы стратегического, дорогостоящего материала.

Достойным преемником А.Я. Мальского с 1971 г. стал выпускник Ленинградского электротехнического института Л. И. Надпорожский — участник Великой Отечественной войны, жизнерадостный, общительный человек. Его «хобби» — музыка, путешествие на автомобиле, любительские кино съемки. Мягкий по характеру, он в то же время мог жестко требовать от исполнителя выполнения в срок качественной работы. В период его деятельности на посту директора не только развивалось производство, но бурно строился г. Лесной.

Под руководством Л.И. Надпорожского произошел мощный рывок в автоматизации управления производством, в строительстве новых производственных мощностей, таких как цехов для изготовления деталей из взрывчатых веществ, узлов автоматики, прессово-штамповый корпус с уникальным по своим характеристикам оборудованием. Родина достойно отметила его труд. К боевым наградам добавились звезда Героя Социалистического Труда, много других орденов. На комбинате Л.И. Надпорожский стал лауреатом Государственной премии.



Лев Иванович Надпорожский родился 5 марта 1922 г. в г. Белозерске Вологодской обл. С октября 1940 г. по октябрь 1945 г. находился в Красной Армии. С октября 1945 г. июнь 1950 г. он — студент Ленинградского электротехнического института. С августа 1950 г. работает на заводе «Электрохимприбор». С 1955 по 1961 г. Л.И. Надпорожский — начальник цеха, с 1961 по 1965 г. заместитель главного инженера, с 1965 по 1971 г. — главный инженер завода, с 1971 по 1978 г. — директор комбината «Электрохимприбор». С 1979 по 1991 г.

заместитель начальника Главка, с 1991 по 1996 г. начальник отдела Главка. Имеет награды: три ордена Ленина, орден «Знак Почета», орден Отечественной войны I степени, 15 медалей, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии.

С 1959 г. начали работать две поточные ли-

нии роторного типа по изготовлению деталей из пенопласта, что резко повысило качество деталей и увеличило производительность труда в 4,5 раза. В 1960 г. изготовлены и внедрены две поточные линии для сборки специзделий. Это позволило не только значительно улучшить культуру производства, но и повысить производительность труда в 2,5 раза, снизить трудоемкость в 4 раза. В 1960 г. на заводе работало уже 12 поточных линий.

В 1961 г. созданы поточно-конвейерные линии на изготовление деталей из взрывчатых составов. Для механической обработки деталей из взрывчатых составов создана оригинальная система дистанционного управления станками. Детали обрабатываются в размер с высокой точностью. На сборке узлов автоматики создано 7 поточных линий.

В 1962 г. на сборке зарядов пущена поточная линия роторного типа. Это повысило производительность труда в 2,1 раза, улучшило качество сборки и ликвидировало ручной малопродуктивный труд. Для сборки спецузлов внедрена еще одна конвейерно-поточная линия, позволившая увеличить производительность труда в 1,6 раза, улучшить культуру производства и санитарно-технические условия сборки.

Для обеспечения гарантированной герметичности и надежности на заводе внедряется электронно-лучевая сварка, разработана установка, в которой по-новому решена конструкция «пушки». В дальнейшем завод изготовил и обеспечил данной установкой все серийные предприятия нашего Министерства.

С 1963 г. на заводе начали осваивать электрохимические методы обработки. Они нашли широкое применение при обработке жаропрочных, вязких, труднообрабатываемых механическим способом металлов и сплавов, а также деталей пространственно-сложной конфигурации. Электрохимическая обработка (ЭХО) берет свое начало от спроектированной собственными силами и изготовленной на заводе установки. Разработку оборудования и внедрение ЭХО производила группа специалистов под руководством А.И. Котельникова. Ими получено три авторских свидетельства на изобретение.

В 1967 г. разработаны неразрушающие методы контроля с помощью радиоактивного железа ($Fe-55$) деталей из пенопласта, полиэтилена,

легких сплавов и др. Расширяется номенклатура деталей, изготавливаемых высокопроизводительными методами обработки: холодное объемное прессование, горячая штамповка, точное литье, внедряются автоматы. В 1967 г. 35% деталей обрабатываются этими высокопроизводительными методами.

С 1954 г. по 1967 г. развитие производства на заводе происходило исключительно бурными темпами. За это время объем производства возрос в десятки раз, а численность работающих только в 3 раза. Производственные фонды возросли в 2,5 раза, фондоотдача в 2 раза, объем реализации возрос в 5,5 раз, прибыль повысилась в 2,7 раза, затраты на один рубль товарной продукции снижены в 5 раз.

Как итог этого периода в 1968 г. на предприятии организована постоянно действующая выставка передового опыта. Она стала образцовой школой для учебы и воспитания не только работников завода, но и специалистов родственных предприятий нашего министерства.

В 1970 г. на заводе началась работа по созданию автоматизированной системы управления производством (АСУП). В 1971 г. Завод поставил первые партии товаров народного потребления в торговую сеть.

Завод продолжает работать в условиях непрерывно растущей номенклатуры и объема выпускаемой продукции военного назначения, в условиях постоянного освоения все более сложных изделий, требований к которым непрерывно повышаются. Для более быстрого освоения новых изделий завод начал производить опытные конструкции непосредственно в условиях серийного производства. Это позволило процесс освоения для серийного выпуска новых конструкций ускорить на 2–3 года.

С 1972 г. (указ от 14.12.72 г. Президиума Верховного Совета РСФСР) к названию завода «Электрохимприбор» и его награде орден Ленина (1962 г.) прибавилось звание «имени 50-летия СССР».

1972 г. — начало нового периода истории развития, периода создания АСУ на базе электронно-вычислительной техники. Этот год богат различными организационными решениями по разворачиванию работ по созданию АСУ. 30 декабря 1972 г. образован информационно-вычислительный центр (ИВЦ). Начальником и главным конструктором АСУП назначен С.В. Роготнев. Это под его руково-

дством информационно-вычислительный центр работает не только на нужды завода, но и г. Лесного. С.В. Роготнев всю свою трудовую деятельность посвятил заводу. Придя в 1950 г. инженером, он работал на различных должностях в цехах и отделах. Преждевременная смерть в 1995 г. прервала его трудовую деятельность.

В январе 1973 г. заработала поточная линия по механической обработке деталей из урана. На линии установлены станки с ЧПУ, автоматизированные приспособления для фрезеровки и контроля, отработаны геометрии режущего инструмента и режимы резания. В марте приняты предложения по централизованному изготовлению на заводе «Электрохимприбор» витых и тарельчатых пружин. Заказы по изготовлению пружин со всех предприятий 5-го и 6-го ГУ с этого времени поступают на завод «Электрохимприбор».

С 1974 г. началась реконструкция зданий цехов и подразделений по вводу в действие механизированных складов. Уже в этом году на заводе стало действовать 20 механизированных складов.

В 1975 г. завод «Электрохимприбор» преобразован в комбинат. На ноябрь 1977 г. на комбинате внедрено 60 станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и 4 обрабатывающих центра, 26 станков с ЧПУ сгруппировано и организован отдельный специализированный участок. На станках с ЧПУ особенно высокая эффективность и точность достигнуты при обработке деталей сложной конфигурации из урана.

В 1978 г. на комбинате создается центральная отраслевая научно-исследовательская лаборатория автоматизированных систем управления технологическими процессами специальных производств (ЦОНИЛ АСУТП-2).

Продуктом деятельности отраслевой лаборатории АСУТП-2 являются:

законченные проекты по АСУТП изготовления деталей из взрывчатых составов, автоматизированные системы контроля (АСУ), гибкие производственные модули (ГПМ);

разработки отдельных составляющих систем автоматизации (устройства связи с объектом, локальных систем автоматики, датчиков, регуляторов, усилителей): опытные образцы средств автоматизации;

создание АСУТП, АСК, станков с ЧПУ,

САПР и другого оборудования с программным управлением и их техническое обслуживание.

Разработки лаборатории используют как предприятия нашего министерства, так и другие предприятия страны. Коллектив лаборатории — сплав кадровых работников предприятия и молодежи, так как пополнение обусловлено в основном молодыми специалистами. В коллективе работает восемь человек, удостоенных медалями ВДНХ за разработки, имеющие народнохозяйственный эффект. По совокупности заслуг и за неоднократное участие в ВДНХ рабочих Б.П. Шорохов выставочным комитетом награжден легковым автомобилем.

В январе 1979 г. на пост директора комбината назначен главный инженер комбината А.И. Галин. Большой личный вклад Александр Иванович внес в реконструкцию целого ряда цехов и производств. Большой размах при нем получило строительство жилья. Оптимист по характеру, он и окружающих заражал своим оптимизмом. Настрой был такой, чтобы было все лучшее: лучшее оборудование, лучшие технологические процессы, лучшие кадры. Он был достойным продолжателем традиций, заложенных его предшественниками.



Александр Иванович Галин родился 3 марта 1927 г. в с. Градинское Градинского района Полтавской обл. В 1951 г. после демобилизации из Армии поступает учиться в Краснодарский нефтяной техникум. В 1954 г. с отличием окончил нефтяной техникум и поступил учиться в Свердловский Горный институт. С 1955 г. работал на разных должностях. С 1970 г. он — заместитель главного инженера, 1971 г. — главный инженер, с января 1979 г. по январь 1989 г. — директор комбината «Электрохимприбор». Награжден орде-

нами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, является лауреатом Государственной премии.

После А.И. Галина директорами завода были А.В. Митюков, Г.К. Муравлев, Л.А. Поляков. Все они, как и Л.И. Надпорожский и А.И. Галин, воспитанники коллектива комбината. Схожи судьбы, но стиль работы различен, так как в разное время формировался их

характер, в разный период времени пришлось работать.

Герман Константинович Муравлев родился 29 марта 1930 г. в г. Коломна Московской обл. В 1945 г. поступил в Коломенский паровозостроительный техникум, по окончании которого в 1949 г. направлен на завод «Электрохимприбор», где работал на разных должностях: С 1973 г. он — заместитель директора по производству, с 1991 г. — главный инженер, а с сентября 1993 г. до марта 1994 г. — директор комбината. Имеет следующие награды: ордена Ленина, «Знак Почета», две медали, является лауреатом Государственной премии.



В Г.К. Муравлеве уместаются руководитель крупного производства, физик-атомщик, спортсмен и поэт. На все ему хватало времени. Прекрасные личные качества — стремление как можно больше познать — выдвинули его уже в 1973 г. в число крупных руководителей комбината.

Л.А. Поляков руководит комбинатом и сейчас. Спокойный, уравновешенный, прост и доступен для каждого, кто бы к нему ни обратился.

Лeonид Алексеевич Поляков родился 1 декабря 1937 г. в с. Ладвозеро Калевальского района Карело-Финской АССР. В 1955 г. поступил в Среднеазиатский политехнический институт на механический факультет, который окончил в 1960 г. После окончания института прибыл на завод «Электрохимприбор», где и работал инженером-технологом, старшим инженером-технологом, руководителем технологической группы, с 1967 по 1980 гг. — первым секретарем горкома партии г. Лесной. В 1981 г. назначен заместителем главного инженера — главным технологом комбината, в 1990 г. — главным инженером, а в октябре 1991 г. — директором комбината. Имеет награды: орден «Знак Почета», медали «За трудовую доблесть», «Ветеран труда». При нем конверсия производства приобрела



широкие масштабы. Почти 50% валового продукта — товары народного потребления и товары народного хозяйства.

С 1979 г. комбинат приступает к освоению и выпуску новой наукоемкой аппаратуры «Герб», предназначенной для охраны государственной границы.

В 80-е годы на комбинате проводится широкое применение высокопроизводительного прогрессивного оборудования, станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Технология механообработки была высоко поднята благодаря использованию импортных станков и отечественных станков типа «Обрабатывающий центр». В результате использования передового оборудования и других мероприятий в механообработке малопроизводительный труд сократился в 1987 г. до 24,0%. Большую работу по пропаганде и применению станков с ЧПУ провели инженеры-технологи В.А. Шулятьев и Н.П. Шубин. Именно они обучили многих молодых технологов и производственников. На комбинате «Электрохимприбор» уровни освоения и рост объемов производства вплоть до 1988 г. составляют не менее 8% ежегодно. Никогда ранее объем освоения не был так велик, при одновременной новизне и сложности решаемых технических проблем.

За 1986—1987 гг. были освоены новые технологии, конструкции и материалы:

испытание газовой системы водородом высокого давления;

неразрушающая методика контроля деталей из взрывчатых веществ (ВВ);

изготовление комбинированных ампул;

изготовление заготовок и деталей из сплава свинец-бабит с повышенными требованиями по механическим свойствам и чистоте;

механическая обработка деталей из урана;

нанесение барьерных покрытий на оболочки ампулы из урана на установках «Булат» и «Сирень» методами ионной бомбардировки;

изготовление деталей из термостойкого пенопласта марки САМ57;

механическая обработка деталей из взрывчатых составов твердосплавным инструментом;

лазерная сварка стальных труб;

технология взрывной штамповки «слоеных» заготовок (из разных материалов);

пайка биметаллических гильз высокотемпературным припоем свыше 1000 °С.

Безусловно, такой большой объем освоения стал возможен не только в результате слаженной работы опытного коллектива технологов, конструкторов комбината «Электрохимприбор», но и систематических контактов с разработчиками специзделий при проработке эскизных проектов (особенно технологической части).

За эти годы конструкторскими коллективами комбината разработано более 90 тыс. единиц средств технологического оснащения (СТО), многие из которых не имеют аналогов в технической литературе, каталогах, в промышленности. Были разработаны сотни конструкций на уровне изобретений. Многие конструкторы и технологи имеют по несколько десятков патентов на изобретения. Так, ведущие инженеры-технологи В.И. Ермаков, В.Н. Крынский имеют по 34 патента на изобретения.

В целях повышения характеристик спецрядов освоены новые методы изготовления, в том числе гидростатическое прессование деталей из взрывчатых составов. Гидростатическое прессование, предложенное ВНИИТФ, обеспечивает практически «нулевую» разнородность. Для этого на комбинате потребовались разработка и изготовление экспериментального и рабочего гидростатов. Большой вклад в разработку конструкций гидростатов внес руководитель группы А.Ф. Платонов.

Специалистами электровакуумного производства В.Н. Анненковым, П.Л. Хмелининой проведено обследование передовых предприятий МЭП и предложены технические решения, реализованные в проекте вновь строящегося здания и при реконструкции имеющихся помещений.

Создана установка УЦ-10 для приготовления дионизированной воды. Основные технологические операции (химическая очистка, вакуумный отжиг, сборка, электронно-лучевая сварка, напыление мишеней) обеспечены средствами обеспыливания воздушной среды (модули «Лада», «Чистые комнаты» на основе пылезащитных блоков К-4 и др.), на всех трубопроводах подачи технологических газов установлены фильтры. Большой вклад в строительство нового здания и реконструкцию электровакуумного производства внесли И.Г. Хо-

лодилов, С.Ф. Карачев, В.И. Божевольнов, Ю.А. Неуймин. Реконструкция производства обеспечила современный уровень обеспыливания воздушной среды.

Широким фронтом велась работа по автоматизации электровакуумного производства. В этот период по техническим заданиям комбината разработчиком нейтронных трубок (ВНИИА) созданы и совместно с комбинатом изготовлены автоматизированные установки электронно-лучевой сварки (ИТКОЛ-1), вакуумного отжига (ИТКОЛ-2) и напыления (ИТКОЛ-3) с управлением от ЭВМ. Изготовлена и внедрена в производство высокопроизводительная линия автоматизированных печей.

Активное творческое участие в разработке и создании установок приняли: В.В. Афанасенко, В.Н. Анненков, И.Т. Шурыгин, Л.А. Федоров, С.Ф. Карачев, В.И. Божевольнов, В.Ф. Ларионов.

Создана автоматизированная испытательная система (АИС) разработки ВНИИА, позволяющая обеспечить объективность контроля параметров трубок и в 5 раз повысить производительность труда. Приобретенный опыт и научный технический задел позволяют и сегодня осваивать трубки нового поколения для комплектации новых блоков трубок.

В узлах и монтажных схемах специзделий разработки ВНИИЭФ, в разъемах типа РС, РРСЧ, 2РМД, соединениях и проводах вместо традиционной пайки применена сварка. Миниатюрность соединения, теснота расположения проводов и контактов потребовали очень тонкой технологии.

Большой творческий вклад в развитие этих видов сварки внесли Г.А. Гайнуллин (проектирование и изготовление миниатюрной оснастки), С.В. Потехин, А.Ю. Гусев, Г.В. Стригов, В.В. Печуров, Г.Н. Неверовская.

В качестве нового направления можно рассматривать газотермическое нанесение покрытий на поверхность деталей. Создали полупромышленный участок плазменного нанесения покрытий. Большую работу в этом направлении провели Л.Н. Черепанов, В.С. Марухин, А.В. Топычканов.

Нашел применение и метод порошковой металлургии. Стали изготавливать инструмент из карбида вольфрама и карбида титана.

На комбинате «Электрохимприбор» разработана серия установок с применением разли-



Механический цех комбината

чных радиоактивных изотопов для неразрушающего контроля качества деталей и их различных физических параметров.

Без наличия высококвалифицированных инженерных кадров коллектив комбината не смог бы достичь таких хороших результатов. Большинство конструкторов и технологов работали и работают на комбинате долгие годы, прошли путь от рядовых до ведущих конструкторов и технологов.

Наиболее заслуженные ветераны, на «плечах» которых держались разработки: Н.И. Лукашевич, В.И. Акимов, В.Г. Носырев, В.А. Юланов, Н.Н. Поярков, С.П. Миронов, В.М. Баташов, В.И. Малых, В.И. Царогородцева, В.Е. Шагин, В.М. Шагина, В.А. Коняхин, В.С. Зубков, Ю.Г. Химин, Е.Н. Распутин, О.Л. Белоусова, В.П. Кудрин, В.К. Довыденко, В.А. Буренков, В.А. Сухоносов, Г.Н. Севастьянов, Т.И. Благовещенская.

Первыми изобретателями на комбинате были конструкторы Л.П. Строганов, В.П. Зенинский. Шли годы, усложнялись конструкции проектируемого оборудования. Освоение новых боеприпасов на комбинате ставило такие технические задачи, которые без изобретений решить становилось невозможно. У некоторых изобретателей было более десяти изобретений: В.К. Довыденко — 23, В.Н. Желваков — 16, В.Н. Потапов — 15, Г.Ф. Мамарин — 16, Ю.К. Соколов — 16, П.И. Коноплин — 13, Л.П. Строганов — 12, Е.А. Елисеев — 13, Н.Ф. Сыкулева — 15 и др.

За достигнутые успехи коллектив пред-

приятня неоднократно награждался высокими государственными наградами:

орденом Ленина за успешное выполнение заданий Правительства по изготовлению специальных изделий (Указ Президиума Верховного Совета СССР от 07.03.62 г.);

орденом Октябрьской революции за создание и освоение новой техники (Указ Президиума Верховного Совета СССР от 6 мая 1983 г.);

памятным Красным Знаменем в честь 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции (Постановление ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, СМ СССР и ВЦСПС от 21.10.61 г. № 946);

памятным знаком «За трудовую доблесть в девятой пятилетке» за достижение наиболее высоких показателей в выполнении заданий пятилетнего плана (Постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ от 06.02.76 г. № 80);

дипломом I степени ВДНХ СССР за работу по созданию корпуса 377 (Постановление Главного комитета ВДНХ СССР от 21.12.78 г. № 1002);

в ознаменование 50-летия СССР и за производственные успехи коллективу комбината присвоено имя 50-летия СССР (Указ Президиума Верховного Совета РСФСР от 14.12.72 г.).

К 1988 г. комбинат достиг максимального производственного потенциала и имел высокий рейтинг среди аналогичных предприятий в Министерстве атомной промышленности, являясь головным предприятием по 16-ти технологическим направлениям.

Он стал предприятием с автоматизированной системой управления производства (АСУП), автоматизированной системой технологической подготовки производства (АСУТПП), начиная с разработки технологических процессов, конструкторской документации на оснастку и оборудование (САПР) и кончая изготовлением целой серии деталей на станках с числовым программным управлением, а также контрольными операциями на оборудовании с программным управлением.

Безусловно, такой большой объем непрерывного освоения изделий, роста объемов производства, собственных разработок невозможен без слаженной работы всего коллектива комбината.

Лучшим показателем хорошей работы за все

эти годы могут служить награды, полученные от Родины. Награждены:

орденом Ленина 44 человека;

орденом Трудового Красного Знамени 201 человек;

орденом Октябрьской Революции 18 человек;

орденом «Знак Почета» 252 человека;

орденом Дружбы народов 6 человек;

орденом Трудовой Славы II степени 16 человек;

орденом Трудовой Славы III степени 112 человек,

а также Правительственными наградами — медалями «За трудовую доблесть» награждены 285 человек и медалями «За трудовое отличие» 500 человек. За достигнутые успехи в развитии народного хозяйства СССР награждены медалями ВДНХ 11 работников комбината, в том числе: золотыми — 3 человека, серебряной — 1 человек, бронзовой — 7 человек.

Пятерым присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот»:

А.С. Лобанову, слесарю сборщику;

М.Е. Кондакову, слесарю сборщику;

А.Я. Мальскому, директору завода;

М.П. Чертовикову, начальнику цеха;

Л.И. Надпорожскому, директору комбината.

А.Я. Мальский, Л.А. Нечкин, Г.А. Якимов

являются лауреатами Ленинской премии.

Лауреатами Государственной премии СССР стали: Ю.С. Титова, И.А. Агеев, Г.А. Гайнуллин, В.Н. Крынский, Ю.Д. Шматов, С.П. Миронов, А.В. Митюков, В.Е. Аблогин, А.И. Галин, Г.К. Муравлев, Л.Н. Жиров, А.И. Щербо, А.К. Обыденников, Р.В. Потаскуев, А.С. Сигитов, Н.А. Кашеев.

Слесарю механосборочных работ В.В. Гутникову присвоено звание лауреата премии Ленинского Комсомола.

Коллектив комбината воспитал целую плеяду руководителей.

В разное время становились директорами комбината «Электрохимприбор»:

1971—1978 гг. Л.И. Надпорожский;

декабрь 1978 г. — январь 1989 г. А.И. Галин;

1989—1991 гг. А.В. Митюков;

октябрь 1991 г. — июнь 1993 г. и вновь с марта 1994 г. Л.А. Поляков;

с сентября 1993 г. по март 1994 г. Г.К. Муравлев.



Б.Н. Ельцин среди руководителей завода
и города (1984 г.)



Центральная улица г. Лесной

Все они выходцы из разных служб: производства, отдела технического контроля, конструкторов, технологов, но объединяет их единое — это то, что все они воспитанники коллектива комбината и прошли путь от рядового инженера до директора.

Как не вспомнить начальника специального конструкторского подразделения по разработке оборудования лауреата Ленинской и Госу-

дарственной премий А.Ф.Петрусевича; главного механика Н.В.Карева — автора многих изобретений.

Поражает количество неординарных талантливых людей, работавших в первые и последующие годы строительства и становления комбината.

Приборостроительный завод, г. Трехгорный

А.В. Долинин, Л.П. Щедрин

Приборостроительный завод, ранее называвшийся п/я 4146, п/я 17, склад № 933 Главгорстроя СССР, «Хозяйство Володина», выпускает военную технику — ядерные боеприпасы и узлы автоматики к ним.

Решение о проектировании и строительстве оборонного завода № 933 на Урале было принято 24 января 1952 г. Постановлением Совета Министров СССР. Первым директором завода был К.А. Володин. Первоначально предполагалось построить сборочный военный завод и рабочий поселок при нем. Но жизнь внесла свои поправки и сейчас завод с уникальным производством использует прогрессивные технологии и новые средства механизации и автоматизации.

Рабочий поселок превратился в красивый город Трехгорный, ранее называвшийся и Златоуст-20, и Златоуст-36.

Чистые, аккуратные улицы, кварталы новостроек примыкают прямо к лесу, сосны растут под окнами во дворах. В городе проживает более 30 тысяч жителей, имеется семь общеобразовательных школ, 17 детских дошкольных учреждений, филиал Московского инженерно-физического института, техникум, ПТУ, музыкальная школа, библиотеки, плавательный бассейн. Дворец культуры, три стадиона, три спортивных детско-юношеских школы, парк Победы, медико-санитарная часть, санаторий-профилакторий на 100 мест, база отдыха на оз. Увильды, детский санаторий «Рябинка» в Крыму.

Своим рождением город обязан Приборостроительному заводу.

Город и завод расположены между трех гор уральского хребта: Шуйда, Завьялиха и Бархотина. Город построен в лесу. Строительство объекта осуществляло стройуправление № 247 Главпромстроя МВД СССР, расположенное в г. Челябинск-40. Уже в конце 1952 г. была полностью застроена первая улица, названная ул. Строителей. На этой улице в бараках про-

живали первые строители и разместились кофейная, школа, баня, магазины, детский сад, милиция, столовая. Позже, к 7 ноября 1953 г., здесь построили первый клуб «Имени 35 лет Октября» и первый стадион «Строитель». По проекту заводу необходимо было иметь механическое, сборочное и вспомогательное производство. На строительство объекта 30 октября 1952 г. было выделено 319,7 млн. руб.

Заводууправление летом 1953 г. разместились в первом построенном деревянном доме по ул. Островского, 35.

Константин Арсеньевич Володин родился в д. Енотавка Астраханской области в рабочей семье в 1901 г. (умер в 1968 г.). С 18 лет К.А. Володин — красноармеец. В декабре 1934 г. он окончил Военно-техническую Ленинградскую академию им. Дзержинского. В 1938 г. был назначен главным инженером, а затем директором одного из заводов Наркомата вооружения. Все военные годы К.А. Володин занимает должности директора ряда номерных заводов в Москве, Подольске, Кокчетаве, Ульяновске, Кунцово. С 1949 г. по январь 1952 г. К.А. Володин возглавлял первый отечественный завод КБ-11 по серийному производству первых образцов ядерного оружия п/я 551 в г. Арзамас-16. 12 марта 1952 г. К.А. Володин назначен директором завода п/я 17 в г. Златоуст-20, где и проработал до 1 февраля 1963 г., оставив работу по собственному желанию и уйдя на пенсию.

Заслуги Володина К. А. перед Родиной отмечены многими орденами и медалями. Он почетный гражданин г. Златоуст-36.



В августе 1953 г. из г. Днепропетровска были привезены 28 рабочих по специальностям электромонтеров и слесарей-сантехников.

По окончании учебных заведений в августе — сентябре 1953 г. на завод поступили работать Е. К. Андрияшин, В. С. Комаров, Г.В. Мурдасов, В.Н. Проскурин, В.И. Грачев, Ю.К. Сан-

ников, А. П. Ворожейкин, В. В. Кузнецов, Н. П. Добрынин, В. С. Усов, Д. Д. Калябин, В. Т. Малыхин, В. И. Лапина, В. П. Чернов.

За 1953 г. численность работников завода увеличилась на 95 человек. В том же году молодые специалисты направлялись на стажировку на предприятия Челябинска, а также Москвы, Ленинграда и других городов.

В 1954 г. на завод было принято 982 человека, в том числе А. Г. Потапов — главный инженер завода, Б. В. Горобец — начальник цеха, А. Д. Пятибратов — начальник цеха, Л. Г. Созинов — главный энергетик завода, В. Ф. Соболев — заместитель начальника цеха, И. С. Кондаков и др.

В 1955 г. продолжалось комплектование завода необходимыми кадрами. Многие молодые специалисты проходили стажировку в Арзамасе-16, знакомились с продукцией, которую предстояло выпускать с августа 1955 г.

В 1955 г. начали работать отдел КИП, участок пластмасс, гальванический участок, лакокрасочный участок, термическое отделение в инструментальном цехе, участок холодной штамповки в механическом цехе, литейный участок в ремонтном цехе, электромонтажный цех и др.

По Государственному плану в августе 1955 г. были собраны первые авиационные ядерные бомбы с ласковым неофициальным названием «Татьяна».

Заводские службы КИПиА, ЦИЛ, ЦЗЛ, цеховые лаборатории и КПП уже тогда реально представляли из себя систему обеспечения контроля качества продукции на основных стадиях ее изготовления, а в некоторые технологии уже входило регулирующее воздействие «киповской» автоматики.



Александр Георгиевич Потапов родился в Самаре в 1915 г. (умер в 1987 г.). В декабре 1942 г. он кончил Индустриальный институт им. Куйбышева. С июля 1943 г. по май 1951 г. он заместитель главного механика завода им. Калинина в Подольске, а затем до августа 1954 г. — главный механик этого завода. С 17 августа 1954 г. он главный инженер Приборостроительного завода в г. Златоуст-20. С мая 1964 г. по 9 февраля 1987 г. — директор этого завода.

А. Г. Потапов — лауреат Ленинской премии (1963 г.), Герой Социалистического Труда (1971 г.), награжден многими орденами и медалями. Почетный гражданин г. Златоуст-36.

С начала 1956 г. на заводе перешли на изготовление уже модернизированного варианта «Татьяны», а затем и других различного назначения изделий. Указом Президиума Верховного Совета СССР от 11 сентября 1956 г. 22 работника завода впервые были награждены орденами и медалями СССР.

Большая заслуга в создании и подготовке к пуску завода в эксплуатацию, в выпуске первой продукции принадлежит всему коллективу завода, но безусловно большой личный вклад принадлежит директору завода К. А. Володину.

На заводе К. А. Володин проработал большой отрезок своей жизни, 11 лет. Все отмечают его хорошую память, трудолюбие, ответственность за порученное дело, требовательность к себе и подчиненным.

На заводе широко используются прогрессивные технологические процессы, значительно снижающие трудоемкость выпускаемой продукции. В заготовительном, механическом, прессовом, гальваническом и других производствах внедрены уникальные по точности и эффективности технологии: горячая штамповка — вытяжка корпусных заготовок на выкатных штампах, холодная прокатка мелкопрофильных деталей и горячая прокатка крупнопрофильных заготовок, нарезка прямоугольных резб метчиками, размерное гальваническое свинцевание сложнопрофильных поверхностей кожухов, расточка внутренней сферической поверхности на значительной глубине корпуса, комплексная технология получения дифлоновых заготовок и деталей из поликарбоната, монтаж миниатюрных составных частей в корпусах уменьшенных габаритов, светлая изотермическая закалка деталей и т. п.

Специалисты завода успешно решили многие проблемы повышения точности и снижения трудоемкости контроля размеров, физических и других параметров деталей, отдельных сборок и составных частей изделий. Так, были разработаны и внедрены эффективные приспособления для контроля толщины тонкостенных деталей, внутренних канавок и выступов, глубины гладких и диаметров конусных отверстий, размеров фасок, приспособления для свинчивания с большим моментом, ключи-динамометры для

контроля момента затяжки с минимальной погрешностью, внедрены пульта (полуавтоматы и автоматы) для проверки сопротивления и прочности изоляции приборов электроавтоматики, жгутов, переходных коробок с использованием «квадратичного метода».



Леонид Андреевич Петухов родился 14 марта 1920 г. в Кирове Калужской области. В 1941 г. окончил Ленинградскую Краснознаменную военно-воздушную академию. С 1941 по 1946 г. — инженер по спецслужбам авиационного полка. С 1952 г. работает в Министерстве Среднего машиностроения, с 1958 г. — заместитель начальника — начальник спецотдела Главного Управления. С 11 января 1963 г. по 21 мая 1964 г. назначен директором Приборостроительного завода

г. Златоуст-36. С мая 1964 г. по 1986 г. работает начальником Главного Управления Минсредмаша СССР.

Требования техпроцессов соблюдаются очень строго. Отклонения от техпроцесса рассматриваются, как криминал. В основе высочайшей надежности выпускаемой техники лежит строгая исполнительская дисциплина. На заводе создана надежная производственная система, основанная на трудовой, производственной, технологической дисциплине и постоянном контроле за всеми сферами производственной деятельности предприятия со стороны аппарата ОТК, военного представительства и межведомственных комиссий.

До середины 1958 г. завод выпускал ядерные боеприпасы «ВК-1»: каждое отдельное изделие сдавалось «россыпью», каждая составная часть в своей отдельной таре. В сборочном цехе большая работа была проведена начальником ОТК В.Н. Силаевым и начальником лаборатории Б.Д. Гладковым, который изумлял всех своими фундаментальными знаниями в области электроимпульсной техники, теоретической механики, превосходным владением прикладной математикой.

В 1958 г. на заводе создается новое подразделение — военно-сборочная бригада. В задачи бригады входило оказание помощи заводу в освоении выпускаемой военной продукции, ее защита на полигоне при проведении контрольно-летных испытаний.

В ноябре 1959 г. на заводе произошло большое событие. Первый и последний раз завод посетил Е.П. Славский — министр среднего машиностроения. 31 декабря 1959 г. он подписал приказ № 0590 о создании на нашем заводе серийно-конструкторского бюро (СКБ). Первым начальником СКБ, главным конструктором завода был назначен П.Н. Меснянкин, который проработал в этой должности 10 лет.

В 1960 г. создается новое подразделение — цех по выпуску контейнеров и транспортных тележек. Первым начальником цеха был Г.С. Щеголев, затем его сменили А.Д. Пятибратов, Г.И. Тихонов, А.М. Гончаров, А.А. Фролов. Большую работу для этого цеха по проектированию, изготовлению и испытанию транспортных тележек выполнили конструкторы отдела СКБ во главе с В.П. Осиповым.

В СКБ работали и сейчас работают специалисты высокого класса. Кроме П.Н. Меснянкина, который награжден орденом Ленина, можно назвать заместителя главного конструктора завода В.Н. Морозова, а также руководителей отделов СКБ А.А. Павлова, В.А. Илларионова, А.М. Тихомирова и многих других. С 1970 г. СКБ возглавляет Е.В. Кононов.

Одна из основных служб завода — технологическая — отдел главного технолога, инструментальный цех, инструментальное хозяйство. Получение документации на новые разработки — это только начало. Основная работа по подготовке производства и освоению новой техники — это технология, обеспечивающая надежность и качество выпускаемой техники.

Служба главного технолога с пуска завода и по настоящее время — гарант своевременного освоения и качественного выпуска продукции как основной тематики, так и конверсионных программ.

Руководителями технологической службы были А.В. Тарасов, К.Е. Игнатьев, Е.К. Андрияшин, П. А. Кузнецов, В. Н. Проскурин, И.Я. Моторный.

Инструментальным цехом руководили: А.Д. Пятибратов, Н.П. Добрынин, Е.К. Дудочкин, А.П. Шлыков.

В январе 1963 г. директор завода К.А. Володин уходит на пенсию, а новым директором назначили Л.А. Петухова, который до этого работал заместителем начальника Главка Минсредмаша. Высокообразованный человек, Л.А. Петухов, присмотревшись к укоренивше-

муся на нашем заводе стилю работы, вскоре на очередной оперативке начальников цехов установил свои условия работы: сверхурочные работы сократить до минимума, документы, согласованные с исполнителями, передавать на подпись через секретаря, на дом разрешил звонить только главному диспетчеру. Позднее все убедились, что это разумная организация управленческой работы. Количество оперативок сократилось, завод стал занимать призовое место в соревновании.

Были организованы курсы мастеров, чаще стали повторяться слова: культура производства, ритмичность, качество. Этот период для завода характеризуется совершенствованием системы освоения новых изделий, средств технологического оснащения, унификацией и стандартизацией технологической оснастки, широким применением автоматов при механической обработке. В сборочном производстве появились новые производственные здания. В то время изготавливались части ракетного комплекса «Луна». Стенды для сборки комплекса «Луна» были поставлены на колеса для перемещения по рельсовому пути. Технологическая оснастка и оборудование были расставлены вдоль рельсового пути по технологическому маршруту. Технологический процесс был разбит на отдельные операции. Слесари-сборщики приказом по цеху были закреплены за конкретными технологическими операциями. Это позволило сократить длительность цикла сборки и увеличить выпуск изделий на тех же площадях.

В сборочном цехе был смонтирован механический конвейер. Конструкция конвейера предусматривала все необходимое для его безопасной эксплуатации. Одно рабочее место было оснащено специальной кабиной для проведения контрольного цикла работоспособности узлов автоматики изделия. Пусковая цепь конвейера блокировалась с дверью кабины. Очень удобным в этих зданиях было то, что по обеим сторонам сборочного зала имелись одноэтажные пристройки, в которых хранились узлы и оборудование, проводилась подготовка узлов автоматики и поузловая сборка, комплектовался ЗИП, оформлялись документы и проводились другие необходимые работы. Покрытие пола в сборочных залах выполнено из белого мрамора. На конвейере в сборочном цехе собирались спецбоеприпасы самого различного назначения для всех родов войск.

Такие изделия могли выпустить только хорошо подготовленные высококвалифицированные рабочие и инженерно-технические работники, освоившие первоклассную технику. Такими работниками были Е.М. Вострокнутов, Ю.Т. Сайгин, Ю.Д. Иванов, Б.В. Павлов, А.Ф. Виноградова, А.А. Чеснокова, И.А. Горобец, Р.И. Шишкин, А.М. Петухов, И.С. Кузьмин и многие другие.

В связи с назначением Л.А. Петухова начальником Главка, с 3 мая 1964 г. директором завода становится А.Г. Потапов, а главным инженером — Б.В. Горобец, ранее работавший начальником производственного отдела.

Борис Валентинович Горобец родился 24 апреля 1928 г. в Самарканде, окончил Среднеазиатский политехнический институт. С 1950 г. по 1954 г. работал сменным механиком, заместителем главного механика, начальником смены на ПО «Маяк» в Челябинске-40, с 21 ноября 1954 г. начальником цеха, затем начальником производственного отдела, а с 3 мая 1964 г. — главным инженером Приборостроительного завода в Златоусте-36.

Награжден многими орденами и медалями, кандидат технических наук, лауреат Государственной премии, почетный гражданин Златоуста-36. С 1978 г. он работает заместителем, а с 1986 г. по февраль 1995 г. начальником Главного управления Министерства Российской Федерации по атомной энергии.



За первое десятилетие работы завода было подготовлено и освоено несколько новых изделий разных типов. 21 декабря 1970 г. за успешное выполнение пятилетнего задания и организацию производства новой техники Приборостроительный завод был награжден орденом Ленина.

А.Г. Потапов 23 года работал директором завода. Наряду с заводскими делами он много сил и энергии отдавал развитию жилищного строительства в городе, строительству детских и спортивных комплексов, Дворца культуры «Икар», базам отдыха трудящихся.

А.Г. Потапову в работе существенную помощь оказывал главный инженер завода Б.В. Горобец. Он 14 лет работал главным инженером завода и в 1978 г. был переведен в аппарат Главного управления Минсредмаша, где работал заместителем начальника и начальником ГУ.

В 1987 г. внезапно, после непродолжительной болезни, скончался директор завода А.Г. Потапов. Директором был назначен опытный производственник, работавший заместителем главного инженера — А.В. Долинин. Главным инженером завода с 1978 по 1989 гг. был Е.К. Андрияшин, а в настоящее время — А.Д. Попов.



Евгений Константинович Андрияшин родился в Таганроге в 1930 г. (умер в 1989 г.). Учился в мореходном училище, в 1953 г. окончил Краснодарский электромеханический техникум и с 26 августа 1953 г. работал на Приборостроительном заводе техником, затем мастером, руководителем группы, заместителем начальника сборочного цеха. Окончил заочно Челябинский политехнический институт. Работал заместителем главного технолога, главным

технологом, а с 1978 г. — главным инженером завода.

Заслуги Е.К. Андрияшина отмечены многими орденами и медалями, он лауреат Государственной премии (1979 г.).



Александр Васильевич Долинин родился 10 сентября 1938 г. в г. Бакал Челябинской области. В 1961 г. закончил Челябинский политехнический институт по специальности «инженер-механик». В 1961 г. А.В. Долинин принят на Приборостроительный завод мастером, в 1962 г. — он старший мастер, начальник ПДБ, заместитель начальника 25 цеха, а с 1969 г. — начальник 11 цеха. С марта 1974 г. работает заместителем директора завода, в 1986 г. переведен на должность заместителя главного инженера по подготовке производства и АСУ, а с 1987 г. назначен Генеральным директором Приборостроительного завода.

Заместителя главного инженера по подготовке производства и АСУ, а с 1987 г. назначен Генеральным директором Приборостроительного завода.

В начале 70-х годов коллективу завода было поручено освоение новых видов специальных боеприпасов. По конструкции эти изделия коренным образом отличались от уже освоенных. При освоении этого заказа наряду с решением многочисленных производственных и технологических проблем необходимо было обеспечить специальную безопасность.

К этому времени на заводе уже сложилась определенная система обеспечения специальной безопасности. Была создана единая дози-

метрическая служба, официально она именовалась как «Лаборатория радиационной безопасности и дозиметрии», ее возглавлял В.М. Брыкалов. Все вопросы по специальной безопасности замыкались на главного физика А.В. Егорова.

Виктор Тихонович Малыхин родился 18 декабря 1928 г. в д. Нижняя Орлянка Самарской обл. По окончании Куйбышевского индустриального института работал мастером, начальником кузнечно-прессового цеха на Миасском инструментальном заводе. С 20 апреля 1953 г. работает на Приборостроительном заводе в г. Златоуст-20 сначала заместителем начальника цеха, затем начальником цеха, заместителем директора по общим вопросам, начальником производственного отдела, заместителем директора по производству. 2 июля 1993 г. В.Т. Малыхин ушел на заслуженный отдых с должности заместителя директора завода по производству.

Заслуги В.Т. Малыхина перед Родиной отмечены многими орденами и медалями.



Большая нагрузка по отработке конструкторской документации (КД) легла на серийное конструкторское бюро (СКБ), особенно на главного конструктора Е.В. Кононова, начальников отделов А.М. Тихомирова А.П. Смирнова и работников их отделов: Ю.Д. Лунецкого, А.Н. Смирнова и др.

Активную и плодотворную помощь заводу оказывали разработчики: В.А. Гуд, В.Д. Кирюшкин, Л.Б. Порецкий, очень часто к этой работе подключался главный конструктор разработчиков Б.В. Литвинов.

Основная работа по сборке специзделий осуществлялась в цехах, которые возглавляли Г.И. Тихонов, Ю.М. Пыренков, С.В. Фокин. Организация производства, внедрение технологических процессов сборки, оснащение опасных участков оборудованием, обучение персонала приемам безопасного труда — вот тот не полный перечень задач, которые решили коллективы цехов. Много труда и рабочей смекалки при освоении и серийном выпуске сложных специзделий потребовалось от слесаря-сборщика В.П. Дулесова, фрезеровщика И.А. Пушкарева — Героя Социалистического Труда, слесаря-инструментальщика А.Д. Сот-

никова — Героя Социалистического Труда, расточника В. Е. Ярославцева, токарей В.И. Ухарцева, В.Г. Коротких, электромонтажников С.М. Мирошников, В.Л. Долгополова, М.Ф. Брыкаловой, А.С. Борисовой, бригадиров слесарей М.И. Глухмана, А.Е. Рыбникова, слесаря П.И. Сурина и многих других.



Иван Антонович Пушкарев родился в 1923 г., был участником Великой Отечественной войны. С марта 1957 г. он работает на Приборостроительном заводе, фрезеровщиком. В 1966 г. ему первому на заводе присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Заслуги И. А. Пушкарева отмечены многими орденами и медалями. В настоящее время И.А. Пушкарев находится на заслуженном отдыхе.

Окончательная сборка специзделий происходила в цехах, которыми руководили Г.Г. Ошкуков, А.А. Супонев, В.С. Комаров, В.В. Беломытцев.

Ответственную организационно-техническую работу по освоению и серийному выпуску специальных изделия провел начальник второго производства А.Д. Лебедев, а затем заменивший его С.Н. Медин.

За 40-летний период (1955—1995 гг.) завод освоил и выпустил в плановых количествах десятки наименований изделий, сотни наименований составных частей и эксплуатационного оборудования. Вся продукция завода защищена специальными испытаниями, в том числе контрольно-летными на полигонах Министерства обороны.

За эти годы изменились выпускаемые заводом изделия. Расширились их тактико-технические характеристики, резко уменьшились габариты и массы, в составе изделий стала применяться микроэлектроника и вычислительная техника. На заводе сохранились действующие макеты всех видов выпускаемых изделий, которые наглядно показывают как пути развития самой техники, так и уровень совершенства производства, достигнутый коллективом завода.

Коллективу Приборостроительного завода присвоены звания: «Предприятие коммунистического труда», «Предприятие высокой

культуры» с вручением диплома № 1, диплома второй степени Главного комитета ВДНХ СССР. На заводе работали и работают лауреат Ленинской премии, 9 лауреатов Государственной премии, лауреат премии СМ СССР, лауреат правительственной премии, доктор технических наук, 9 кандидатов технических наук, три Героя Социалистического Труда, 2066 человек награждены орденами и медалями СССР, один «Заслуженный технолог»; два «Заслуженных машиностроителя РФ»; 3546 человек награждены медалью «Ветеран труда».

В последнее время, в связи с изменившейся военной доктриной, приходится особое внимание уделять вопросам разборки и утилизации ранее выпущенной техники, а это приводит к новой реконструкции производственных участков для обеспечения повышенных требований по безопасности проводимых работ.

После 1985 г. завод приступил к конверсии (переход на мирную продукцию) своего производства. Намечались приоритетные направления: производство товаров народного потребления, производство приборов по контролю радиационной и ядерной безопасности для атомных электростанций, производство оборудования для агропромышленного комплекса, производство медицинской техники, внедрение новых технологических процессов по нанесению покрытий на изделия и предметы, производство изделий для нефтяной промышленности и т.д.

Коллектив Приборостроительного завода работает в сложной обстановке в связи с задержкой финансирования за изготовленную продукцию, несвоевременной выплатой заработной платы, сокращением финансирования на социальные нужды трудящихся завода. Все это привело к тому, что с завода увольняются высококвалифицированные рабочие и грамотные опытные специалисты. Численный состав работников завода из года в год сокращается, морально-психологический климат в подразделениях завода поддерживается только благодаря сложившимся традициям.

Задача у коллектива завода очень сложная. Самое главное — в условиях экономической нестабильности не допустить большого сокращения рабочих мест и сохранить коллектив завода, который сможет выполнить любое правительственное задание.

Производственное объединение «Старт»

М. В. Проценко, И. С. Ушаков, Л. В. Кстенин, А. А. Есин

Постановлением Совета Министров СССР от 20 июля 1954 г. было решено построить в г. Пензе приборный завод в составе Минсредмаша В сентябре 1954 г. был выбран на правобережной террасе р. Суры, неподалеку от Пензы, участок для строительства приборного завода с условным названием «Завод № 1134» и установлен срок его пуска — IV квартал 1958 г. Приказом МВД СССР от 21 октября «Об организации Управления строительства № 592» руководителем стройки назначен В.Г. Мухин.

В августе 1955 г. приказом Министра директором завода был назначен М.В. Проценко, а главным инженером завода — Ю.П. Любовин. У этих двух замечательных людей были общие качества: опыт, знания, высокая культура, доброта и внимательность к людям, требовательность к подчиненным и развитое чувство ответственности за порученное дело.

Проектное задание на строительство завода и жилого поселка было разработано Ленгипростроем (ГСПИ-11). Согласно утвержденному заданию номенклатура производства завода включала 37 приборов и узлов пяти различных типов, заметно отличавшихся друг от друга по габаритам, конструктивным и технологическим особенностям: блоки автоматики, баро-приборы, электрические радиодатчики, электромеханические приборы, кабели и жгуты. Проектная численность работающих на заводе составляла 3759 человек, общие площади цехов и служб — 39,4 тыс. кв. м, в том числе производственные площади — 22 312 кв. м.

В предпусковом 1957 г. усилия строителей и эксплуатационников были сосредоточены на двух корпусах, на базе которых строилась вся временная технологическая цепочка изготовления приборов.

В январе 1958 г. было начато изготовление технологической оснастки и деталей приборов. В конце июня 1958 г. были сданы заказчику первые приборы — блоки импульсов типа БИ-1. Постановление Правительства и приказ

Министра о пуске завода в IV квартале 1958 г. были выполнены.

В 1961 г. в эксплуатацию были сданы объекты общей площадью 54 тыс. кв. м. В производстве были освоены 31 наименование приборов. Был создан современный приборостроительный завод для изготовления ядерных боеприпасов (ЯБП), на котором работало свыше 4000 человек.

Михаил Васильевич Проценко родился 27 февраля 1914 г. в г. Шахты Ростовской обл. После окончания Новочеркасского индустриального института в 1938 г., получив специальность инженера-электромеханика, был направлен на комбинат «Североникель» в Мончегорск Мурманской обл., где работал главным энергетиком, главным механиком завода. В последующие годы работал на руководящих должностях Тырны-Аузского горно-обогатительного комбината на Кавказе, Красноярского аффинажного завода, Завода № 12 в Электростали Московской обл.



В августе 1955 г. М.В.Проценко был назначен директором Пензенского приборостроительного завода. Обладая огромным и разносторонним опытом работы в строительстве, промышленности, организации производства, Михаил Васильевич все свои силы и знания отдавал новому делу. Под его руководством в кратчайшие сроки на месте глухого леса и болот был построен крупный промышленный комплекс и современный благоустроенный г. Заречный.

М.В. Проценко всегда проявлял себя как талантливый руководитель и организатор производства. Его заслуги отмечены двумя орденами Ленина, орденами Октябрьской революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета». Он является лауреатом Государственной премии и премии Совета Министров СССР. Почетным гражданином г. Заречный.

Новым направлением для завода и отрасли в целом стало освоение серийного производства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) для комплектации систем автоматики ядерных боеприпасов (ЯБП).

В начале 1960 г. началась подготовка к серийному выпуску первого радиодатчика (РД) типа ВР-11ФМ, прибора базовой конструкции из серии частотных РД «Вибратор» разработки Московского КБ «Кулон» Минрадиопрома. Главным конструктором разработки являлся один из крупнейших специалистов в этой области Е.Н. Геништа.

В процессе освоения первого радиодатчика была решена масса конструкторских и технологических вопросов. В частности, несколько месяцев заняла работа по доводке электромеханического коммутатора. Десятки опытных образцов, изготовленных по рекомендациям бригады конструкторов и технологов, руководимой Е.М. Кучковым и И.В. Эккелем, были испытаны, доведены до рабочего состояния, прежде чем был получен необходимый результат.

Проектное задание на расширение завода — вторую очередь строительства — было разработано Ленинградским ГСПИ-11 (ныне ВНИПИЭТ). Заданием предусматривалась организация второго производства — сборки ядерных боеприпасов (ЯБП).

Необходимо было построить две новых площадки для размещения зданий общей сборки ЯБП, склады и другие необходимых объектов.

Строительство было начато в 1961 г. и велось ускоренными темпами. В течение 1963 г. были введены в эксплуатацию несколько производственных корпусов и складов. В декабре того же года в сборочном отделении в здании 207 был начат серийный выпуск первых изделий. В последующие годы было освоено производство ЯБП различных типов и назначений. Для сборки некоторых ЯБП были созданы поточные линии. Город Заречный получил статус закрытого города.



Юрий Петрович Любовинн родился 8 февраля 1909 г. в Москве (умер в 1993 г.). Трудовую деятельность начал после окончания техникума в 1930 г. техником-конструктором на заводе № 60 в Луганске. В 1933 г. окончил Луганский вечерний машиностроительный институт и был направлен в Пензу на завод им. Фрунзе, где работал конструктором, технологом, начальником цеха, главным механиком, заместителем главного инженера по станкостроению.

В феврале 1955 г. назначен и. о. директора строящегося Пензенского приборостроительного завода, с августа 1955 г. — главный инженер завода.

Ю.П. Любовинн внес выдающийся вклад в создание и развитие предприятия. Прекрасно зная металлообрабатывающее оборудование, сформировал станочный парк, который на многие годы определил возможности завода. Обладая большим производственным опытом, высокой эрудицией и компетентностью в технических вопросах, занимался широким кругом проблем, принимал активное участие в разработке и реализации основных технических решений.

В 1970 г. по личной просьбе Ю.П. Любовинн освобожден от должности главного инженера, работал заместителем главного технолога, занимался вопросами реконструкции и технического перевооружения завода, созданием новых производств. В 1985 г. в возрасте 75 лет ушел на пенсию. Награжден тремя орденами и четырьмя медалями.

Николай Александрович Сорокин родился 22 мая 1927 г. в с. Красноярское Восточно-Казахстанской области (умер в 1991 г.). В 1949 г. закончил Московский механический институт. По окончании института работал на комбинате «Электрхимприбор» в Свердловске-45 (г. Лесной) в качестве старшего инженера, начальника ПДБ цеха, начальника технического бюро, с 1953 г. по 1958 г. — главным технологом предприятия.



В 1958 г. переведен на Пензенский приборостроительный завод в должности заместителя главного инженера — начальника производственно-диспетчерского отдела. С 1970 г. по 1986 г. работал главным инженером завода. В 1986 г. по личной просьбе, по состоянию здоровья, переведен на должность старшего инженера отдела механизации и автоматизации.

Н.А. Сорокин внес большой вклад в развитие производства, совершенствование оперативно-календарного планирования, организацию ритмичной работы цехов, освоение производства новых заказов, внедрение новой техники и прогрессивной технологии. Николай Александрович — лауреат Государственной премии СССР, награжден пятью орденами и двумя медалями.

Изготовление ЯБП требовало развитой кооперации между заводами. Заряды и часть блоков и приборов автоматики поставлялись заводами отрасли в соответствии с их специализацией. Корпуса изготавливались на Московском заводе «Молния» и некоторых предприятиях оборонных отраслей промышленности. В свою очередь Пензенский завод поставлял другим комплектующим предприятиям, занятым изготовлением ЯБП, обширную номенклатуру приборов, обеспечивал их нормализо-

ванными деталями и отдельными специфическими сборками.

Серьезным испытанием для коллектива завода стало освоение в 1974 г. одновременно двух изделий ЯБП нового поколения. В обоих изделиях разработчиком были практически полностью заменены элементы системы автоматики с применением приборов, еще не освоенных в серии. Впервые была применена приборная панель повышенной жесткости в виде ажурной штампосварной конструкции, предусмотрена защита приборов и монтажных соединений от воздействия системы ПРО. Заменялось практически все, вплоть до крепежных деталей, которые впервые стали изготавливаться из титанового сплава.

В исключительно сжатые сроки заводом «Молния» со специалистами из НИКИМТ были изготовлены сложнейшие установки для электронно-лучевой автоматизированной сварки и герметизированные сварочные боксы.

Первый изготовленный бокс был установлен в НИКИМТ, куда была направлена бригада сварщиков завода и начата отработка серийной технологии и сварка первых деталей. Вслед за этим были созданы сварочные участки на ППЗ. Был организован «мост» Пенза — Москва. Каждое утро из Пензы отправлялась автомашина с заготовками, из Москвы навстречу ей шла другая автомашина с выполненными работами.

Пришлось решать множество сложных проблем. Потребовалось создать участок термостабилизации деталей после сварки, оснащенный крупногабаритными вакуумными печами, обеспечивающими разрежение не менее 0,00001 мм рт. ст.; изготовить в сжатые сроки сотни крупногабаритных, неспецифичных для приборного производства приспособлений, штампов, калибров: в связи с недостатком оборудования больших размеров модернизировать ряд токарных станков в целях увеличения диаметра обработки; решить ряд вопросов, связанных с обеспечением размеров при весьма нежестких конструкциях деталей, повышением производительности труда при обработке труднообрабатываемых материалов и т. д.

Отработка конструкции и технологии велась совместно с конструкторами ВНИИЭФ и специалистами НИКИМТ, которые постоянно находились на заводе. Работа сварочного, термического оборудования и крупногабаритных

станков была организована по часовому графику в три смены без выходных дней. Люди работали, не считаясь со временем. Весь обширнейший комплекс работ был выполнен за 7 мес.

В конце сентября 1974 г. заводом были выпущены первые серийные ЯБП нового типа.

С начала создания производства ЯБП и на всех последующих стадиях руководством завода и Главного Управления (главный инженер А. А. Томилин) особое внимание уделялось обеспечению его безопасности. В составе отраслевой системы обеспечения специальной безопасности, основными составляющими которой стали радиационная, ядерная и взрывобезопасность, были разработаны необходимые нормы, правила и инструкции, которые строго выполнялись. Опасные операции выполнялись под непрерывным контролем специалистов.

За все время с момента создания производства ЯБП не было ни одного случая загрязнения радиоактивными материалами промплощадки и прилегающих территорий, а также воздушного бассейна.

Производство ЯБП, благодаря отсутствию общепромышленных выбросов, обладало полной экологической чистотой. Большой вклад в создание и развитие производства ЯБП внесли Н. Н. Литвинов, А. Я. Титов, Ю. Б. Тананин, Ю. А. Медведев.

За период 1960—1967 гг. был освоен выпуск еще 7 типов приборов серии «Вибратор», вначале ламповой, а затем полупроводниковой группы. Все возрастающие требования к радиодатчикам определили дальнейшее их развитие в пользу приборов импульсного принципа работы. В период 1963—1965 гг. совместно с ВНИИЭФ в СКБ завода был разработан импульсный прибор АРД («Колибри»), заводом были изготовлены опытные образцы и проведены необходимые испытания. Разработка всего комплекса (специзделия) была отмечена Государственной премией СССР. Среди отмеченных этой наградой были начальник сборочного цеха А. С. Воробьев и главный конструктор завода Ю. Е. Седаков. По той же схеме СКБ совместно с ВНИИЭФ был разработан еще один радиодатчик ДРД1 («Янтарь»). Большой вклад в разработку новых приборов внесли специалисты СКБ В. Г. Горелкин, А. И. Козлов, В. Д. Князев, В. Р. Пономаренко.

С 1974 г. началось освоение второго поколения аппаратуры РТС СК разработки НИИИС.

В это же время был освоен выпуск контрольно-измерительной аппаратуры тесторного типа. Основными методами изготовления нормализованных деталей стали холодная высадка, штамповка, автоматная обработка, резьбонакатка, виброобработка с применением высокопроизводительного автоматизированного оборудования. Для механизации доделочных операций силами завода были спроектированы и изготовлены десятки специальных автоматов, полуавтоматов и механизированных установок. Впервые на заводе были внедрены автоматические линии гальванопокрытий. Был решен большой комплекс вопросов по обеспечению стойкости инструмента, в том числе освоено изготовление резьбонакатных плашек методом накатки.

К 1980 г. в цехе было освоено изготовление свыше 7000 типоразмеров нормализованных деталей, объем выпуска которых достиг 200 млн. штук в год. Это позволило не только полностью удовлетворить потребности заводов 5-го и 6-го главков, но и поставлять нормаль другим предприятиям Министерства.

Во исполнение приказа Министра от 21.09.67 г. и Постановления Правительства от 15.08.69 г. на заводе широко развернулись работы по проектированию и серийному освоению аппаратуры ТСО*. К середине 70-х годов разработки аппаратуры ТСО настолько возросли, что назрела необходимость создания самостоятельной конструкторской организации. По приказу Министра от 29.12.76 г. на базе трех конструкторских отделов СКБ и части экспериментального цеха завода было создано СКТБ по разработке ТСО, а затем научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники (НИКИРЭТ), директором института стал Л.Н. Дмитриевский, бывший первый заместитель главного конструктора СКБ завода.

Объемы производства ТСО на заводе быстро росли. Изготовление деталей и сборка аппаратуры велись в цехах, загруженных работами по основной тематике, что создавало некоторые неудобства, в связи с чем было принято решение о строительстве крупного производственного корпуса, а затем отдельного Пензенского завода физических приборов (ПЗФП). Строитель-

ство пускового комплекса первой очереди завода было завершено в 1984 г. На новой площадке построены производственный корпус с полезной площадью 42 тыс. кв. м, в котором организованы два механических, сборочный и инструментальный цеха и др.

Аппаратурой, изготовленной на заводе, оборудованы правительственные здания, посольства, атомные электростанции, режимные предприятия и организации, крупнейшие музеи и картинные галереи. Системами «Гардина» и «Гоби» была надежно защищена большая часть государственной границы Советского Союза.

За разработку и освоение серийного производства различных ТСО работники завода дважды удостоивались Государственной премии СССР. Большой вклад в становление и развитие производства ТСО внесли Н.А. Сорокин, А.В. Кабатов, Ю.В. Самочкин, А. Г. Алисов.

Семидесятые годы были периодом интенсивной смены поколений приборов и специзделий, обусловленных появлением новых классов ядерного оружия, повышением требований к тактико-техническим характеристикам ЯБП, комплексной миниатюризацией изделий и приборов. Новое поколение специзделий и приборов означало освоение принципиально новых технологий, применение нового оборудования, создание новых производств и нового подхода к организации производства.

Анатолий Андреевич Есин родился 9 февраля 1940 г. в Сурске Ульяновской обл. В 1966 г. окончил вечернее отделение Московского инженерно-физического института, получив квалификацию инженера-электрика.

В 1967 г. А.А. Есин переведен на Пензенский приборостроительный завод, где работал инженером-технологом, старшим инженером, заместителем начальника технологического отдела. В 1976 г. назначен заместителем главного технолога, а в 1980 г. — заместителем директора завода по производству.

В 1984 г. А.А. Есина направили на учебу в Академию народного хозяйства при Совете Министров СССР. С сентября 1986 г. А.А. Есин работает главным инженером завода. В декабре 1989 г. назначен Генеральным директором ПО «Старт» — директором Пензенского приборостроительного завода.



* ТСО — технические средства охраны.

Анатолий Андреевич внес большой личный вклад в освоение многих новых заказов, создание микроэлектронного производства, внедрение экономических методов управления, совершенствование планирования и обеспечение ритмичной работы завода. Основные усилия на посту директора направлены на перестройку в условиях конверсии, налаживание новых производственных связей, освоение замещающей продукции общетехнического назначения, сохранение и развитие производственного и научно-технического потенциала предприятия.

А.А. Есин является Президентом Пензенской ассоциации промышленников и производителей. Награжден двумя орденами и медалью.

В целях централизации разработки радиотехнических приборов и систем в составе 5 ГУ МСМ в Горьком были созданы в 1966 г. специальное конструкторское бюро, а затем научно-исследовательский институт измерительных систем (НИИИС), директором которого стал Ю. Е. Седаков.



Александр Иванович Сидоров родился 13 июля 1936 г в Пензе. Закончил в 1959 г. Пензенский политехнический институт. С 1959 г. работает на Пензенском приборостроительном заводе инженером-конструктором, старшим инженером, начальником КБ — руководителем конструкторско-исследовательской группы.

В 1974 г. назначен начальником центральной заводской лаборатории. С 1990 г. главный инженер ПО «Старт» — главный инженер ППЗ.

Александр Иванович — автор многих конструкторских разработок. Внес большой вклад в повышение результативности работы ЦЗЛ, оснащение ее современным оборудованием. На посту главного инженера объединения и завода ведет большую работу по перестройке производства в условиях конверсии, освоению новых видов изделий военной техники и замещающей гражданской продукции, повышению технического уровня производства. В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию. Награжден орденом и двумя медалями.

Понимая, что дальнейшее улучшение тактико-технических характеристик РД без комплексной микроминиатюризации аппаратуры невозможно, НИИИС приступил к реализации отраслевой программы разработки и освоения микроузлов частного применения. Пензенский завод был назначен головным предприятием по серийному изготовлению изделий микроэлектронной техники. На заводе

был создан экспериментально-производственный участок, оснащенный необходимым оборудованием, группа конструкторов и технологов прошла обучение и стажировку в Центре микроэлектроники в Зеленограде.

К середине 1971 г. были изготовлены первые опытные образцы НЧ микроузлов, освоены многие новые для завода техпроцессы, такие как напыление тонких резистивных, проводниковых и конденсаторных пленок, изготовление металлостеклянных корпусов и другие.

В 1972 г. были освоены в опытном производстве шесть типов микроузлов, а также сдан в эксплуатацию комплекс в составе производственного и административного корпусов и энергоблока, в котором и было организовано серийное производство микроузлов. Создание микроэлектронного производства было крупным шагом в развитии завода, значительно расширившим его технологические и производственные возможности. Микроузлами в необходимых количествах и номенклатуре обеспечивался и смежник — завод «Молния».

Новым классом импульсных радиодатчиков, которые осваивались заводом в 70-х годах, были приборы серии К200 разработки НИИИС. В этих приборах впервые в отрасли была применена печатно-полосковая конструкция СВЧ-блоков, изготавливаемых методами толсто пленочной технологии, а также впервые была использована система встроенного (бес-тесторного) контроля (СВК).

Лев Владимирович Просвирин родился в 1926 г. в Пензе (умер в 1994 г.). В 1944—1945 гг. принимал участие в Великой Отечественной войне в качестве матроса кораблей сопровождения на Северном Флоте.

В 1952 г. закончил Пензенский индустриальный институт, был направлен на работу во ВНИИЭФ, где прошел путь от инженера-конструктора до начальника конструкторского отдела. В 1962 г. прибыл на ППЗ, где возглавил конструкторское сопровождение производства ЯБП в качестве первого заместителя главного конструктора, в 1966-1989 гг. работал главным конструктором СКБ завода. Внес большой вклад в освоение новых видов ЯБП и приборной техники, в развитие системы бездефектной отработки КД и работ по надежности, методы исследований и испытаний конструкций на прочность, ди-



наличие, ресурс работоспособности и пр. Кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР, награжден четырьмя орденами и медалями.

В качестве СВК применялись малогабаритные линии задержки высокой частоты, выполненные на кристалле метаниобата лития. Изготовление линий задержки потребовало освоения некоторых совершенно новых технологических процессов и создания участка обработки кристаллов с обеспечением точности ориентации геометрической оси кристалла до 1 мин и шероховатости его торцевых поверхностей по 13—14 классам.

До конца 80-х годов в радиотехническом производстве были освоены радиодатчики. Всего на заводе было освоено шесть поколений радиодатчиков. От поколения к поколению неуклонно снижались масса и габариты приборов при одновременном улучшении тактико-технических характеристик и расширении их функциональных возможностей. Удельная масса микроузлов, которые в приборах первого и второго поколений не использовались вообще, в радиодатчиках шестого поколения достигла 80%. Благодаря комплексной миниатюризации радиодатчики последнего поколения по сравнению с первыми приборами были более чем в 10 раз легче и в 14 раз меньше по объему.

В связи с значительным увеличением объемов производства, расширением номенклатуры, внедрением новых технологий, необходимостью улучшения организации и условий труда работающих по заданию Министерства ВНИПИЭТ было разработано проектное задание на расширение и реконструкцию завода (третья очередь строительства). Работы по третьей очереди строительства завода были начаты в 1971 г. и продолжались вплоть до 1990 г. В числе крупных объектов, построенных в эти годы, были корпус для блока цехов по производству ТСО, корпуса цеха покрытий, заготовительного и механоштамповочного цехов, инженерный корпус, здания типографии и вычислительного центра.

В 1970 г. главным инженером завода стал Н.А. Сорокин. Техническим службам им была предоставлена большая самостоятельность в принятии и разработке технических решений при постоянном контроле их качества и сроков исполнения со стороны главного инжене-

ра, что повышало инициативность и ответственность специалистов.

Освоение каждого нового прибора, рождение и развитие каждого нового направления техники требовало прежде всего технической подготовки производства, инженерного обеспечения. Комплексом всех этих вопросов занимались, в основном, две ведущие инженерные службы завода — конструкторская (СКБ) и технологическая.

СКБ превратилось в мощное научно-техническое подразделение с тематическими конструкторскими отделами, лабораториями, службой надежности, центральной лабораторией типовых испытаний, экспериментальным цехом.

Высокий научно-технический потенциал, квалификация и личная инициатива специалистов позволили СКБ вести проектирование самых сложных приборов. После разработки радиодатчиков АРД и «Янтарь», комплекса «Коралл», в 70—80-х годах было проведено более 10 крупных разработок аппаратуры различного назначения. Особо следует отметить выполненную совместно с Карельским филиалом Академии наук СССР работу по созданию на заводе первых и пока единственных в стране радиоэкранированных помещений с использованием шунгитовых материалов.

В последние годы в СКБ выполнены работы по разработке продукции для народного хозяйства или двойного назначения: разработка совместно с КБ «Север» (г. Киров) накопителя на гибких магнитных дисках, комплекса аппаратуры системы защиты информации по теме «Тополь» совместно с СНПО «Элерон», источников питания импульсных лазеров медицинского назначения по заказу НИИ «Полюс» и др.

Главным технологом завода И.С. Ушаковым, руководившим службой в 1972—1988 гг., большое внимание уделялось совершенствованию системы ТПП и развитию перспективных технических направлений.

Создание развитой системы универсально-переналаживаемой технологической оснастки, включающей в себя 350 наименований универсально переналаживаемых штампов, блоков, приспособлений, измерительных инструментов, позволило значительно сократить затраты на изготовление оснастки, повысить уровень оснащенности производства и рентабельно применять производительные методы

обработки, например, штамповку, в условиях мелкосерийного производства.

Важнейшим направлением стало внедрение средств вычислительной техники непосредственно в производство. На базе отечественных малых ЭВМ были созданы автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП). Характерной чертой стало комплексное решение вопросов. Например, сдача в эксплуатацию АСУТП «Гальваника» в системе четырех автоматических линий позволила обеспечить автоматизированный режим нанесения покрытий более 85% номенклатуры деталей, подвергаемых анодированию, цинкованию, кадмированию, и одновременно автоматизировать учетно-отчетные работы в цехе. Значительно возрос уровень технических разработок. Так, спроектированная и изготовленная на заводе автоматическая линия АМ 5003, созданная на базе разработок Киевского завода «Арсенал», по основным техническим показателям превосходила линии специализированной фирмы «Шеринг».



Владимир Михайлович Ширшков родился 9 марта 1933 г. в г. Шепетовка Каменец-Подольской обл. Закончил Пензенский индустриальный институт. В 1952—1957 гг. работал во ВНИИ-ЭФ в г. Арзамас-16, а затем до 1977 г. на комбинате «Электрохимприбор» в Свердловске-45 (г. Лесной), где прошел путь от старшего инженера до заместителя главного конструктора.

С 1977 г. по 1989 г. и в настоящее время — первый заместитель главного конструктора СКБ Пензенского

приборостроительного завода. В 1980—1964 гг. — главный конструктор СКБ.

Внес большой вклад в работы по модернизации некоторых ЯБП в целях улучшения тактико-технических и эксплуатационных характеристик и повышения их безопасности. В.М. Ширшков — лауреат Государственной премии СССР, награжден орденом и медалью.

Практически в самостоятельное крупное направление работ выделилась автоматизация контроля РЭА с использованием универсальных малых ЭВМ. Принципиальное отличие новых автоматизированных систем контроля заключалось в модульном построении технических и программных средств, применении стандартных приборов, что позволило быстро

производить перекомпоновку комплексов при переходе на проверку новых изделий. В производстве ТСО, отличающихся очень большой трудоемкостью операции по проверке электропараметров, уровень автоматизации последних достиг 90%.

Большой объем работ по механизации и автоматизации производственных процессов выполнен отделом механизации и автоматизации, специалисты и руководители которого Л.А.Токарев, Е.В. Павлов многое сделали для облегчения труда рабочих и сокращения ручных работ. Конструкторами отдела за время его существования спроектировано и внедрено на предприятии свыше 60 автоматов и полуавтоматов, 5 автоматических линий, свыше 40 наименований оборудования для сборочного производства. Созданные совместно с технологами гибкие переналаживаемые модули для токарной обработки были одними из лучших в Союзе. Проведена большая работа по механизации погрузо-разгрузочных, транспортных и складских работ. Спроектировано и внедрено 110 механизированных и автоматизированных складов и много других средств механизации.

Созданная в 1978 г. по приказу Министра Центральная отраслевая научно-исследовательская лаборатория автоматизации и механизации средств контроля под руководством А.Г. Слетова осуществляла научно-методическое руководство и координацию работ по механизации и автоматизации контроля на предприятиях Главного управления. Специалистами лаборатории разработано несколько автоматизированных измерительных устройств, проделана большая работа по замене на предприятии и в отрасли ртутных приборов. Разработанные ими прецизионные цифровые манометры, грузопоршневые задатчики давления в значительных количествах поставлялись институтам и предприятиям отрасли и народного хозяйства СССР.

Большой вклад в развитие этих лабораторий на заводе и оснащение аналитической и лабораторно-технологической базы ЦЗЛ внес ее бывший руководитель, ныне главный инженер предприятия, А.И. Сидоров.

С первых же дней работы предприятия перед коллективом встала задача обеспечения высокого качества и надежности выпускаемой продукции.

Анализ поступающей от разработчика кон-

структурской документации и технических требований показал, что весь заводской комплекс должен строиться сразу на значительно более высоком техническом уровне, чем это было принято в союзной промышленности.

Было принято резкое ужесточение технических требований к изготавливаемым приборам, их микроминиатюризации. Нужно было формализовать сложившуюся систему работы по качеству и придать ей законодательный характер в виде положений, инструкций, стандартов предприятия.

В основу обеспечения качества продукции было положено создание конструкторской документации, обеспечивающей не только необходимые параметры продукции, но и технологичность ее изготовления, возможно малую трудоемкость, исключение возможности брака и т. п.

В целях увязки всех требований и методик было разработано положение о бездефектной системе предприятия, сосредоточившее не только основные требования и методики, но и правила работы по ним. Дополнительно было разработано более 50 нормативных документов по вопросам качества и общей организации работ на предприятии.

К 1980 г. уровень сдачи продукции с первого предъявления заказчику достиг 99,9%, при этом забракования продукции составили 0,1 + 0,15%, возвраты с эксплуатации в расчете на одну единицу выпущенной продукции с учетом 10-летней гарантии составили 0,01%.

Разработанные принципы построения системы, машиноориентированные документы, классификаторы по качеству были положены в основу разработки аналогичных основополагающих отраслевых документов. Интенсивное проведение работ по разработке комплексной системы обеспечения качества и ее внедрение на всех этапах производства позволили в 1980 г. государственной комиссии аттестовать систему и первой в отрасли зарегистрировать ее в органах Госстандарта.

К 1990 г. было завершено техническое перевооружение кустового вычислительного центра с заменой устаревших ЭВМ «Минск-32» на ЭВМ третьего поколения. Была создана вычислительная сеть завода и локальные сети в ряде подразделений с периферийными терминальными вычислительными комплексами и абонентскими пунктами на базе мини ЭВМ, персональных ЭВМ и дисплейной техники.

Большое внимание уделялось развитию коллективных форм организации труда. В 1981 г. в цехах стали создаваться комплексные и специализированные бригады, работающие по единому наряду, с оплатой по конечному результату. В начале 1991 г. на заводе работало 465 бригад с охватом свыше 80% рабочих. Удельный вес технически обоснованных норм составил 88%.

Владимир Борисович Попов родился в 1947 г. в Рубиовске Алтайского края. Закончил Пензенский политехнический институт.

После окончания института работал в НИИ «Кристалл» в Пензе. С 1975 г. работал на Пензенском приборостроительном заводе руководителем группы, заместителем начальника кустового вычислительного центра, а с 1993 г. — начальником КВЦ. В 1994 г. назначен главным конструктором СКБ завода.



Под его руководством создана терминальная вычислительная сеть, позволившая автоматизировать решение ряда задач планирования и управления производством. На посту главного конструктора В.Б. Попов основное внимание уделяет вопросам структурной перестройки СКБ в условиях конверсии, освоению продукции, замещающей военные заказы.

За успехи в области научной организации труда предприятие неоднократно награждалось дипломами Совета Министров СССР и ВЦСПС. Решением коллегии Министерства и ЦК профсоюза в 1985 г. заводу было присвоено звание «Предприятие высокой культуры производства и организации труда». Все требования созданной на заводе комплексной системы охраны труда продолжают выполняться. До самого низкого уровня сократился производственный травматизм. В 1995 г. показатель частоты травматизма составил 1,7 случая на 1000 работающих, что в несколько раз ниже, чем в целом по промышленности страны.

За наилучшие показатели по экологии производства и охране окружающей среды в 1996 г. предприятие награждено призом «Золотая пальма Гринписа».

В начале июля 1988 г. коллектив завода отмечал 30-летний юбилей с начала производственной деятельности предприятия. За тридцать лет завод неузнаваемо вырос, приобрел свой современный облик и превратился в крупное много-

отраслевое предприятие с новейшей техникой и технологией, самое крупное в области и одно из крупнейших в Министерстве.

Лицо завода во многом определяет его продукция — сложные наукоемкие электромеханические, электронные, радиотехнические и другие приборы и системы высокого класса точности и надежности при их безупречном качестве.

Создано мощное инструментальное производство. Два инструментальных цеха могут изготовить за год 1200 штампов и прессформ, до 50 000 приспособлений, свыше 180 000 единиц режущего и измерительного инструмента. Современное оборудование позволяет изготавливать детали микронной точности.

Основу машинного парка обрабатывающих цехов составляют свыше 300 станков с программным управлением, в том числе 45 обрабатывающих центров. Автоматизация подготовки управляющих программ позволяет эффективно использовать станки в условиях как крупно- так и мелкосерийного производства.

Производство нормализованных деталей обеспечивает с использованием высокопроизводительных автоматов выпуск крепежа и электротехнической арматуры для собственных нужд и предприятий отрасли.

В гальваническом и лакокрасочном производстве освоено свыше 100 видов покрытий. Широко используются автоматические и механизированные поточные линии. Изготовление печатных и многослойных печатных плат ведется с использованием автоматизированных методов, начиная с проектирования плат и фотооснастки и кончая контролем готовой продукции.



Иннелий Семенович Ушаков родился 8 января 1931 г. в г. Ростове-на-Дону. Окончил Калязинский машиностроительный техникум, затем Всесоюзный заочный машиностроительный институт.

В 1949—1960 гг. работал на заводах Минмашприбора в Подмосковье и Орловской области мастером, конструктором, начальником технического отдела.

С 1960 г. работает на ППЗ заместителем главного технолога, а затем в 1972—1983

инженера по технике безопасности, в 1994—1995 гг. — техническим инспектором труда ЦК профсоюза.

И.С. Ушаков внес большой вклад в совершенствование системы технологической подготовки производства, освоение новых видов приборной техники и ЯБП, создание новых направлений технического развития предприятия, обеспечение безопасности труда. Награжден двумя орденами и двумя медалями.

В сборочных цехах широко применяются механизированные методы пайки и сварки, большая часть контрольных операций автоматизирована.

В микроэлектронном производстве получили развитие процессы прецизионной фотолитографии, напыления резистивных и полупроводниковых материалов, вжигания пленок, ионно-плазменная и лазерная технология, сборка и автоматизированный контроль микроузлов.

В производстве наряду с широким использованием прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, таких как листовая и объемная штамповка, холодная высадка, литье под давлением и по выплавляемым моделям, литье термопластичных материалов и т. п., освоены многие специфические технологии: химическая вырезка, электроискровая, электрохимическая и ультразвуковая обработка, изготовление деталей методами порошковой металлургии, технология кластерной гальваники, нанесение порошковых лакокрасочных покрытий.

Только в сварочном производстве, казалось бы, не столь уж развитом на приборных заводах, наряду с привычной электродуговой, газовой или аргонодуговой сваркой, используются различные виды контактной точечной и роликовой сварки, в том числе для сварки разнородных материалов, микроплазменная, электроннолучевая, лазерная, термокомпрессионная сварка, сварка в контролируемой атмосфере в герметичных боксах, плазменная резка металлов, выполняются работы от резки листов толщиной 100 мм до приварки под микроскопом элементов конструкций размером в десятки доли миллиметра.

Наряду с традиционными резцами и фрезами для обработки деталей стали использоваться световой луч и поток электронов, электрическая искра и струя электролита, электромагнитное поле, ультразвук, вибрация, токи высокой частоты, процессы напыления и ионно-плазменной обработки.

гг. — заместителем главного инженера — главным технологом завода. В 1988—1994 гг. работал заместителем главного

Созданы участки обработки кристаллов, изготовления магнитов, чувствительных элементов-сильфонов и анероидов, деталей из радио-керамики, стеклометаллических и стеклокерамических соединений, шарико-винтовых пар для прецизионных станков и другие. Большое количество освоенных технологических процессов значительно расширило производственные возможности завода.

Научно-испытательный комплекс позволяет проводить испытания выпускаемых приборов с воздействием всех видов вибраций с частотой до 5000 герц, линейных и ударных нагрузок до 2500 г, температуры от -70 до $+300$ °С, влажности, дождя, морского тумана, солнечной радиации, бароударов и других факторов.



Михаил Дмитриевич Афонин родился 5 ноября 1937 г. в с. Новая Федоровка Мордовской АССР. Окончил в 1959 г. факультет механизации Пензенского сельскохозяйственного института, а затем вечернее отделение Пензенского политехнического института по радиотехнической специальности.

На Пензенском приборостроительном заводе М.Д. Афонин работает в технологической службе с 1960 г. в качестве техника-конструктора, инженера,

старшего инженера, начальника технологической лаборатории. С 1981 г. по 1988 г. М.Д. Афонин — заместитель главного технолога, с 1988 г. — главный технолог завода. Он внес большой вклад в освоение многих изделий приборной техники, отработку и освоение новых технологий, внедрение прогрессивных технологических процессов. Награжден орденом и тремя медалями.

Заводской парк измерительных приборов насчитывает 32 тыс. приборов, тысячи единиц нестандартной измерительной аппаратуры, свыше 600 тыс. единиц средств контроля. Используется 70 автоматизированных систем контроля и информационно-измерительных систем на базе микро-ЭВМ. Эти устройства, не только выполняющие проверку изделий или их отдельных элементов, но нередко и документирующие результаты контроля, заменяют труд сотен людей. Современное метрологическое обеспечение, эффективная система обеспечения надежности выпускаемой продукции позволили увеличить гарантийные сроки на изделия до 20 лет.

Действуют системы автоматизированного управления производством, автоматизированной конструкторской и технологической подготовки производства и проектирования, управления технологическими процессами и качеством продукции. Наряду с кустовым вычислительным центром в цехах и отделах используются десятки мини- и микро-ЭВМ, автоматизированные места конструкторов, технологов, контролеров.

Развитая энергетическая база обеспечивает устойчивую работу завода, позволяет полностью обеспечить город и ближайшие предприятия электроэнергией, водой, теплом.

Таким стал Пензенский приборостроительный завод в настоящее время — это уникальное по своим производственным и техническим возможностям, многообразию освоенных технологических процессов, наличию оборудования и высококвалифицированных специалистов в самых различных областях техники предприятие, обладающее высокоразвитой инфраструктурой и способное решать на современном уровне самые сложные задачи.

Развитие завода осуществлялось под руководством) М.В. Проценко, Ю.П. Любовина, Б.Т. Иконникова, И.Ф. Костюкова, Н.А. Сорокина, Ю.Е. Седакова, Ю.Д. Никитского, И.П. Увина, А.С. Спицына. Гордостью завода являются его рабочие кадры. Трудовые достижения коллектива неоднократно отмечались правительством и руководством Министерства. Завод награжден по итогам IX пятилетки орденом Трудового Красного Знамени, Почетным юбилейным знаком в честь 50-летия СССР, Почетной юбилейной грамотой в честь столетия со дня рождения В.И. Ленина, не раз становился победителем в соревновании среди предприятий Министерства.

Самоотверженный труд многих рабочих, инженерно-технических работников и служащих отмечен высокими наградами Родины. Звание Героя Социалистического Труда присвоено слесарю-сборщику Александру Ивановичу Гришняеву, лауреатами Государственной премии СССР стали 15 работников завода, трое удостоены премии Совета Министров СССР, 3811 человек награждены орденами и медалями.

Приказом Министра от 18.02.88 г. на баланс ППЗ были переданы объекты строящегося в Кузнецке Пензенской области завода «Кузремкамаз», тем же приказом строящееся пред-

приятие было переориентировано на производство металлорежущих станков для нужд отрасли и получило наименование Кузнецкий машиностроительный завод.



Валентин Васильевич Демаков родился 20 августа 1928 г. в с. Горбатовка Дзержинского района Горьковской обл. (умер в 1994 г.). По окончании в 1951 г. Горьковского инженерно-строительного института работал на строительных предприятиях отрасли: в 1951—1952 гг. старшим мастером, прорабом предприятия п/я 37 в Фрунзе, в 1952—1966 гг. — старшим прорабом, главным инженером предприятия, заместителем директора по капитальному стро-

ительству, начальником предприятия п/я 16 в Усть-Каме-ногорске. В 1967 г. назначен начальником Иртышского управления строительства.

В 1969 г. переведен начальником Пензенского управления строительства в Заречном, которое возглавлял более 20 лет. В 1990—1992 гг. работал начальником отдела капитального строительства ПО «Старт», затем начальником архитектурно-строительного надзора при администрации Заречного.

В. В. Демаков внес большой вклад в улучшение производственно-хозяйственной деятельности Пензенского управления строительства, развитие базы стройиндустрии, в строительство Пензенского приборостроительного завода и Заречного, многих объектов в Пензе и области. Награжден четырьмя орденами и двумя медалями, является лауреатом премии Совета Министров СССР. В 1983 г. ему присвоено звание «Заслуженный строитель РСФСР».

Приказом Министра № 19 от 11 января 1989 г. на базе Пензенского приборостроительного завода было создано производственное объединение «Старт» с включением в его



Инженерно-технические корпуса



Жилой квартал города

состав строящихся Пензенского завода физических приборов и Кузнецкого машиностроительного завода. Исполняющим обязанности директора объединения был назначен М. В. Проценко.

В связи с уходом Михаила Васильевича на пенсию в декабре 1989 г. генеральным директором ПО «Старт» и директором Пензенского приборостроительного завода был назначен А. А. Есин, одновременно главным инженером ППЗ назначен А. И. Сидоров.

С началом конверсии военные заказы стали быстро сокращаться: объемы выпуска военной продукции в 1989—1990 гг. сократились вдвое. Принимаемые меры по увеличению выпуска гражданской продукции — за те же два года объемы ее производства увеличились в 2 раза, в том числе товаров народного потребления в 2,5 раза — не могли компенсировать резкое сокращение военных заказов. В 1989 г. был значительно, почти в 1,5 раза, увеличен выпуск ТСО, пользовавшихся до этого большим почти неограниченным спросом, однако уже в следующем году из-за отсутствия средств у заказчика их выпуск снова упал.

В этот период на современном уровне на заводе разработан и освоен в серийном производстве атомно-адсорбционный фотометр-анализатор ртути «Юлия», отмеченный серебряной медалью ВДНХ. Этот прибор, отличающийся высокой чувствительностью, в 10—100 раз превышающей чувствительность стандартных фотометрических методов, пользовался большим спросом. Вслед за этим разработан анализатор «Юлия-2» со встроенным микропроцессором, позволяющим автоматизировать расчеты и измерения.



Механический цех



Цех покрытий

В 1989 г. освоено серийное производство приборов КВЧ-терапии «Явь». Эти приборы, обладающие уникальными функциональными возможностями по терапевтическому воздействию на организм человека, широко используются в странах СНГ и Болгарии.

В первые годы перестройки и конверсии во всех цехах была освоена обширная номенклатура в основном простейших изделий, и хотя многие из них не соответствовали ни профилю завода, ни его производственно-техническому потенциалу, это позволило в некоторой степени сгладить кризисные явления, уменьшить падение объемов производства и получить опыт вхождения в рыночные отношения. В области экономической и финансовой политики руководством завода проводился принцип «непроедания» созданных ценностей. Пришлось пережить период непонимания со стороны части коллектива: конечно, легче было бы распродавать имущество, создавать коммерческие фирмы, чтобы как-то продержаться и пережить трудные времена. Зарплата работников объединения неоднократно индексировалась и повышалась, однако ограничивалась определенными рамками, чтобы сохранять конкурентоспособные цены на продукцию, развивать нужные направления производства, решать возникающие проблемы, не залезая в долги к банкам.

На заводе на базе накопленного опыта работы по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами была разработана не имеющая аналогов в СНГ система с использованием комплекса технических средств (КТС) «Энергия».

Уникальность этого комплекса заключается в возможности учитывать и контролировать

потребление всех видов энергоресурсов — электроэнергии, тепловой энергии, расхода различных жидких и газообразных энергоносителей, осуществлять сбор информации с любых отечественных датчиков и преобразователей, имеющих стандартные выводы, работать как в автономном режиме, так и в составе других систем. Модульность и универсальность выпускаемых комплексов, надежность в эксплуатации, приемлемые цены и высокая эффективность, — затраты на приобретение, монтаж и наладку окупаются в течение одного квартала, — обеспечили их широкое распространение на предприятиях промышленности и энергетики России и стран СНГ. К 1995 г. КТС «Энергия» эксплуатировался более чем на 200 предприятиях, в числе которых такие гиганты как Братский алюминиевый завод, Магнитогорский металлургический комбинат, Усть-Илимская ГЭС, Горьковский и Камский автозаводы и многие другие.

Включение станкостроительной тематики в конверсионную программу предприятия не было случайным. Еще в то время, когда отечественное станкостроение только осваивало выпуск СЧПУ, на заводе на базе универсально-фрезерных станков были созданы станки модели СПУФР с записью программы при обработке первой детали и организован их выпуск для заводов Главка. Серийно выпускались портативные станки для изготовления ключей, проектировались и изготавливались специальные станки для собственных нужд.

На предприятии освоен серийный выпуск универсально-фрезерных станков УФ 100М, изготовлена опытная партия деревообрабатывающих фуговально-рейсмусовых станков «Кедр-2»



Центральная улица города



Городской музей

и токарно-копировальных станков, ведется изготовление опытных образцов универсально-фрезерных станков УФ 150, УФ 150Е, настольного токарного и ленточнопильного станков. Серийно выпускаются шарико-винтовые пары (ШВП), применяемые в приводах прецизионных станков, освоен выпуск миниатюрных ШВП, которые могут использоваться в точном приборостроении. В 1995 г. на заводе было изготовлено 42 станка, в 1996 г. выпущено 205 станков.

На основе тесного творческого содружества врачей и инженеров в деятельности предприятия возникло медицинское направление.

Одной из первых совместных работ было создание автоматизированной информационной системы (АИС) контроля прививок населения, которая в настоящее время охватывает все население крупнейшего района Пензы. В 1993 г. была внедрена АИС для работы больниц областного центра в условиях страховой медицины.

В 1990 г. был создан компьютерный комплекс электропунктурной диагностики «Диабат», разработанный на основе методов работы с биологически активными точками на теле человека. Комплекс предназначен как для массового обследования населения, так и для индивидуальной диагностики общего состояния организма или отдельных органов человека. Основной вклад в его создание внесли главный врач областной детской больницы Г.Н. Ерошин и специалисты завода В.Т. Елистратов и В.А. Спиридонов.

В 1991 г. совместными усилиями областных организаций здравоохранения и завода был

создан медико-инженерный центр «Диабат». За время его работы различным медицинским организациям было поставлено 150 комплектов «Диабат»,

Наряду с ранее освоенными медицинскими приборами на заводе выпускаются устройства для коррекции и фиксации позвоночника при лечении сколиоза, изготавливаются для медицины такие приборы как «Борей» — индикатор пиковой скорости выдоха, палатный деионизатор, облучатель крови, стимулятор, используемый при гинекологических заболеваниях, ведутся работы по созданию второго поколения приборов диагностики.

Одним из перспективных и наукоемких направлений является волоконно-оптическая техника. Серийно выпускаются изделия волоконно-оптической техники: соединители различных типов, магистральные датчики МП-0,85 для работы в локальных сетях связи, магистральные муфты, комплект инструментов и принадлежностей.

Разработанный заводскими конструкторами комплекс ТСО «Риф», при проектировании которого использован богатейший опыт завода и все лучшее, что было в ранее созданных системах ТОО «Гардина», «Гоби», «Протва», «Гергин», оказался значительно проще и дешевле последних и более универсальным.

Одним из конверсионных направлений стали разработка и производство программно-аппаратных средств связи и устройств санкционированного доступа к персональным компьютерам, локальным вычислительным сетям и помещениям, охраняемым ТСО. Активное сотрудничество с Пензенским НИЭИ позволило

разработать некоторые новые изделия и уже в 1995 г. поставить на рынок эту необходимую продукцию, основными потребителями которой стали ФАПСи, МИНТОПЭНЕРГО, МПС, банки.

Выделившееся в филиал объединения ОКБ «Нанотехника» занимается созданием технических средств для нанотехники: разработкой сканирующего туннельного микроскопа с нанометровым разрешением (1 нм — это миллиардная часть метра), миниатюрных шаговых пьезодвигателей с дискретностью перемещения, также измеряемой в нанометрах, прецизионных измерителей сверхмалых перемещений. Это техника для реализации технологий будущего в самых различных областях науки и техники. Работа ведется с институтом радиотехники и электроники РАН, Курчатовским центром, НПО «Форум».

Оценивая пройденный путь, нужно сказать, что завод внес выдающийся вклад в производство современного ядерного оружия, в обеспечение безопасности и обороноспособности страны.

Создание рядом с Пензой крупного промышленного объекта, современного благоустроенного города, мощной строительной организации и базы стройиндустрии не только обеспечило работой и жильем десятки тысяч жителей области, но и имело большое значе-

ние для развития областного центра и Пензенской области в целом.

К началу конверсии завод практически полностью работал на оборону. За 7 лет, с 1989 г. по 1995 г. военные заказы сократились в 4 раза, причем в большей степени сократились объемы в приборном производстве, где была занята основная масса работников предприятия. За то же время объемы производства гражданской продукции возросли в 7 раз, что, однако, не компенсировало сокращение военных заказов. Более быстрое увеличение объемов производства, в особенности ТНП, ограничивалось упавшей платежеспособностью заказчиков и населения. Объемы производства в целом сократились на 49%, соответственно ухудшились технико-экономические показатели предприятия, упала реальная заработная плата.

Вместе с тем в сложившейся обстановке удалось сохранить производственный и инженерный потенциалы предприятия, сохранить коллектив рабочих и специалистов, не допустить массовых увольнений трудящихся. Сохранены социальные гарантии: работники завода без задержек получают заработную плату, обеспечиваются нормальные условия труда, выполняются все намеченные коллективным договором мероприятия. В ноябре 1995 г. объединению «Старт» присвоен статус «Лидер Российской экономики». Все это — достижения коллектива объединения.

ПО Машиностроительный завод «Молния»

В.И. Николаичев, М.В. Миронова

В годы становления отечественной индустрии родился завод «Молния».

5 октября 1929 г. Президиум ВСНХ СССР утвердил промышленное задание на строительство фитингового завода в Москве со сроком пуска в 1930–1931 гг.

Постановлением СНХ РСФСР от 13 июня 1934 г. завод был включен в число сверхлимитных объектов и в списки предприятий, подлежащих вводу в эксплуатацию в 1934 г.

В 1939 г. завод занял одно из ведущих мест среди предприятий черной металлургии, получив первую награду Родины — знамя победителя социалистического соревнования среди заводов отрасли.

К началу 40-х годов Московский фитинговый завод, руководимый в те годы Г.Я. Воропаевым, оснащенный по тем временам прогрессивным оборудованием, прочно утвердился в ряду ведущих предприятий черной металлургии.



Гавриил Яковлевич Воропаев родился 8 апреля 1888 г. С января 1937 г. был назначен на должность директора завода. Именно ему в 1939 г. вручается первая награда Родины — знамя победителя социалистического соревнования среди заводов отрасли.

21 января 1941 г. Г.Я. Воропаев докладывал, что годовой план предприятие выполнило досрочно к 5 ноября 1940 г. Была намечена широкая программа дальнейшего развития предприятия, но осуществить ее помешала война.

К 16 октября 1941 г. все было готово к эвакуации, но она не состоялась. Ровно через месяц завод приступил к выпуску военной продукции и в том числе корпусов снарядов для

знаменитых «Катюш», серийный выпуск которых он освоил одним из первых.

В октябре 1943 г. после передачи предприятия Наркомату боеприпасов в него вливается цех из Нижнего Тагила по производству корпусов стальных фугасных авиабомб. Сотни тысяч мин и фугасных авиабомб для фронта были изготовлены золотыми руками тружеников завода.

14 сентября 1945 г. Постановлением Совмина завод был передан в ведение 1-го Главного Управления при СНК СССР (атомной индустрии). Численность работающих в это время составляла 2556 человек.

Кроме большой номенклатуры фитингов, перед коллективом были поставлены новые задачи — изготовление химико-технологического и горнорудного оборудования:

фильтры дисковые, вакуум-фильтры, нутч-фильтры, фильтры рукавные и масляные, мельницы, скрубберы, дробилки, контактные чаны, ленточные транспортеры, «пьяные бочки», циклоны, мешалки и др.

Это вызвало необходимость проведения реконструкции и технического перевооружения завода. Начиная с 1945 г., продукция, выпускаемая заводом, шла на многие объекты атомной промышленности.

В период 1947–1950 гг. наряду с выпуском химико-технологического горнорудного оборудования и оборудования для вновь строящихся объектов Министерства заводу было поручено изготовление первых образцов корпусов ядерных авиабомб. Это были «Тройки», «Татьяны», «Шестерки», которые послужили основой для выпуска всех видов корпусов ядерных авиабомб.

Дальнейшие преобразования на заводе связаны с именем А.П. Солдатенко — директора предприятия 1950–1973 гг., главных инженеров А.А. Томилина (1948–1951 гг.), М.М. Мексина (1951–1958 гг.), Н.И. Рыжкова (1958–1973 гг.), заместителем директора завода

Е.Г. Оганезова (1951—1973 гг.), начальника производства В.Н. Иванова (1960—1973 гг.).

После А.П. Солдатенко директором предприятия назначен С.Г. Прокофьев (1973—1981 гг.), который в 1981 г. переведен в Министерство на должность заместителя министра МСМ СССР.

С 1981 г. по 1995 г. директором был назначен Н.С. Миронов, с 1995 г. — В.И. Николаичев, работавший до этого главным инженером завода «Молния».



Александр Пименович Солдатенко родился 24 августа 1909 г. в Киеве. В 1928 г. закончил профтехшколу. В 1933 г. окончил Химико-технологический институт в Шостке. С 1941 г. по 1950 г. — главный механик завода в г. Электросталь. С марта 1950 г. по декабрь 1973 г. — директор завода «Молния». За 23 года работы под руководством А.П. Солдатенко завод резко изменил свой профиль, перейдя к выпуску сложной современной техники. Большое внимание было уделено вопросам технического перевооружения, эстетического оформления производственных и бытовых помещений, организации рабочих мест. А.П. Солдатенко награжден двумя орденами Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Отечественной войны I степени, орденом Октябрьской революции, пятью медалями. В 1953 г. ему было присвоено звание лауреата Сталинской премии III степени, а в 1961 г. — звание лауреата Государственной премии СССР.



Николай Сергеевич Миронов родился 10 октября 1930 г. в д. Бяково Тульской обл. Вся жизнь Николая Сергеевича была связана с заводом, куда он был направлен токарем после окончания ремесленного училища в 1949 г.

Без отрыва от производства закончил Всесоюзный машиностроительный институт, получив специальность инженера по приборам точной механики.

Мастер, начальник участка, начальник цеха, начальник производства, главный

инженер, а с 1981 г. до последних дней жизни — Генеральный директор ПО «Машиностроительный завод «Молния» — таковы этапы трудовой деятельности Н.С. Миронова. В 1981 г. ему было присуждено звание лауреата Государственной премии СССР. Родина высоко оценила его

заслуги, наградив орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, орденом «Знак почта» и многими медалями.

Владимир Иванович Николаичев родился в 1937 г. в Москве. После окончания Московского авиационно-моторостроительного техникума был направлен на завод, где начал работу в должности техника-технолога инструментального цеха. С 1961 г. стал инженером-конструктором отдела новой техники, а с 1964 г. — руководителем группы ОГТ. Без отрыва от производства окончил Автомеханический институт по специальности технология машиностроения, станки и инструмент (в 1963 г.); Московский энергетический институт по специальности промышленная электроника (в 1963 г.).



После окончания МЭИ работал в коллективе по созданию систем программного управления.

С 1973 г. — заместитель главного технолога завода, с 1977 по 1981 г. — главный конструктор СКБ, с 1981 г. по 1995 г. — главный инженер завода. С июля 1995 г. назначен директором завода «Молния».

В 1982 г. В.И. Николаичеву присуждено звание лауреата Государственной премии СССР за создание и промышленное освоение специальных приборов. Имеет различные правительственные награды.

К 1954 г. завод зарекомендовал себя как многопрофильное предприятие. При организации Минсредмаша на базе 1-го Главного Управления при Совете Министров СССР он вошел в его систему и 7 января 1954 г. приказом по министерству был передан Главному Управлению приборостроения МСМ. Отличительной особенностью этого приборного производства была новизна и сложность технологии производства.

Были организованы первые основные участки: механических и слесарных работ, лакокрасочных покрытий, электромонтажный и сборочный, а также лаборатории: испытания и настройки узлов и блоков, проведения типовых испытаний, кроме того группа входного контроля покупных элементов и другие службы.

В 1954 г. были освоены и выпущены первые приборы:

блок питания БП-9,
блок импульсов БИ-1,
аэродинамический включатель АДВ-3.

Они определяли основное направление технического развития завода.

В 1956—1957 гг. были освоены и выпущены

такие сложные приборы, как блоки автоматики (разработки КБ-25).

Выпуск блоков автоматики характеризует высокий для тех лет технический уровень завода. Ими в течение нескольких лет укомплектовывались многие изделия, выпускаемые МСМ, так как других блоков автоматики не было. Завод был единственным изготовителем и поставщиком этой серийной продукции.

Рост объема производства, усложнение конструкций выпускаемых изделий, увеличение номенклатуры деталей, освоение новых изделий и новых производственных площадей наметили одну из главнейших задач — коренную перестройку на заводе.

В 1958 г. на заводе была разработана и внедрена система изготовления деталей и изделий по единому сопроводительному паспорту. Это дало возможность избежать нарушения последовательности выполнения операций, исключения случаев поступления на сборку деталей, изготовленных с отклонением от технологических процессов. Эта система получила признание 6-го Главного Управления и была внедрена на всех предприятиях Главка.

В июле 1958 г. был организован цех пластмасс, который возглавил И.Л. Загянский. Сложное производство потребовало увеличения немногочисленного конструкторского отдела.

В августе 1957 г. решением Главка на базе существующего конструкторского отдела был создан филиал СКБ, который подчинялся заводу № 551 (г. Арзамас). Главным конструктором назначен Н.Г. Швилкин, главным технологом В.Н. Соколов, который пользовался огромным уважением и авторитетом не только на заводе. Он возглавил освоение общесоюзной единой системы технологической документации.

Конструкторской группой отдела главного технолога долгие годы руководил А.А. Аксенов.

Главной задачей СКБ и ОГТ становится обеспечение устойчивой работы завода путем тщательной проработки КД для серии, ее привязки к технологическим условиям предприятия, проведения испытаний.

В числе подразделений, определяющих технический прогресс завода, следует назвать центральную заводскую лабораторию — ЦЗЛ. В первые годы после ее создания было 9 лабораторий. В дальнейшем (1952—1955 гг.) было создано еще 3 метрологические лаборатории, ко-

торые были выделены в самостоятельный отдел (службу КИПиА), руководимый Г.И. Слесаревым.

Произошла коренная перестройка литейного цеха с образованием участка цветного и прецизионного литья. Большая заслуга в реорганизации литейного производства принадлежит главным металлургам канд. техн. наук С.Д. Лоханкину и доктору технических наук Б.П. Домашникову.

В 1954 г. на заводе как самостоятельное подразделение была создана машиносчетная станция (МСС) (руководитель Н.А. Герасименко). Это положило начало внедрению автоматизированной системы управления предприятия (АСУП).

Период с 1958 г. характеризуется дальнейшим совершенствованием выпускаемых приборов вообще и блоков автоматики в частности. Были освоены и серийно выпускались блоки автоматики (несколько наименований) и стендовая аппаратура.

Освоение и серийный выпуск блоков автоматики и специальных стенов существенным образом изменили облик многих участков и лабораторий приборного цеха, из него в октябре 1959 г. выделился участок лакокрасочных покрытий — цех № 25. Быстро были освоены производственные мощности. Этому способствовали люди, составлявшие костяк коллектива: О.Д. Бондаренко, С.Г. Вуколов, В.Е. Каменев, А.Е. Бесфамильный. Возглавил цех Д.М. Каплун.

Перед лабораторией неразрушающих методов контроля, созданной в 1959 г. под руководством А.М. Мушкина, была поставлена задача изыскать метод 100%-ного контроля качества термической обработки деталей, изготавливаемых из стали и бериллиевой бронзы, контроля пруткового материала на соответствие марки стали (без разрушения деталей). Для этой цели были разработаны и изготовлены приборы ЭМИД-3 и ЭМИД-6, основанные на методе вихревых токов.

Внедрение этих приборов исключило возможность пропуска в производство несоответствующей ТУ марки стали и деталей с некачественной термической обработкой, изготовленных из стали (цилиндрической формы) и бериллиевой бронзы. В последующие годы были разработаны и внедрены в производство приборы для контроля толщины гальванических

(ПИТ) и лакокрасочных покрытий с помощью ультразвука. Большой вклад в решение этих задач внесли М. С. Тузов, Н. И. Леонова, А. И. Гришунов.

В 60-е годы на предприятии получило развитие принципиально новое направление — развитием радиоприборов, которое началось с изготовления тестера «Знак-2».

Постоянно росли требования и условия работы радиоприборов, менялся класс изделий, ужесточались требования к ним, и, следовательно, менялись схемные и конструкторские решения.

В 1962 г. на заводе был организован отдел автоматизации и механизации производственных процессов. По идее и под руководством талантливого инженера-конструктора Н. И. Разгоняева был спроектирован и изготовлен один из самых удачных полуавтоматов для контроля тарельчатых пружин.

В 1963 г. освоены два новых радиоприбора и тестер. К этому времени объем продукции приборного производства составил больше половины всего плана завода. Потребовались дополнительные площади. Становление радиотехнического производства на предприятии неразрывно связано с именами начальников цехов Н. С. Миронова, Н. И. Савельева. Продукция завода «Молния» характеризуется высокой надежностью и качеством. Этому во многом способствует функционирующая с 1964 г. система бездефектного предъявления продукции, составляющая основу внедряемой на предприятии комплексной системы управления качеством.

В 1966—1967 гг. стали осваивать новые радиоприборы-высотомеры «Колибри», разработанные Горьковским филиалом КБ-11.

Начиная с 1966 г., предприятие становится головной организацией по их изготовлению. Кроме того, по документации НИИ-885 предприятию были полностью переданы права разработчика.

С начала 1969 г. приборы выпускаются в модернизированном варианте. Проведенная модернизация по объему и сложности равновалена новой разработке.

В этом же году из отдела разработки нестандартного технологического оборудования, руководимого А. В. Артемьевым, выделилась возглавляемая А. И. Оськиным группа по разработке автоматизированных систем. Перед ней



Механический цех



Лаборатория

была поставлена совершенно новая задача по созданию системы программного управления токарным станком. Большую помощь группе в решении технических и организационных задач оказал начальник производства В. Н. Иванов. В 1971 г., вопреки многим скептически настроенным, появился первый токарный станок с системой ЧПУ. Завод одним из первых в стране сумел разработать и внедрить в производство надежную и технологичную систему числового управления токарными станками. Станки поставлялись с суппортами, дорабо-

таннами заводом «Красный пролетарий». Пульт управления изготовлял цех радиоприборов.

В 1973 г. ЦК ВЛКСМ учредил знак «Молодой гвардеец пятилетки», которым были награждены около 400 комсомольцев завода.

Отслеживая развитие тематики и усложнение техники, СКБ формирует специализированные отделы и лаборатории. Некоторые из них стали основой для дальнейшего развития новых направлений на предприятии. В 1970 г. были организованы лаборатории ЭТЛ-1, во главе с А.Н. Макеевым, и ЭТЛ-2 под руководством А.П. Воленко. В их задачи входило освоение многослойных печатных плат; микроплат СВЧ на керамических поликорových подложках; сложных технологических процессов, таких как прецизионная фотолитография; вакуумно-термическое напыление; вжигание в керамические подложки токопроводящих материалов.

Все это вошло в подготовку к освоению и серийному выпуску нового класса изделий серии К300, первый из которых был К302 в микроэлектронном исполнении, наиболее совершенном для того времени. Он обладал повышенными техническими характеристиками при меньшей массе и габаритах.

В 1970—1973 гг. на заводе освоено изготовление новых радиоприборов в ударостойком микромодульном исполнении, а также разработан технологический процесс установки элементов на токопроводящий клей вместо пайки. В эти же годы были освоены изделия ИП-3 («Серпантин») — сложный, насыщенный микросхемами, многоканальный прибор, под сборку которого был выделен и оборудован специальный участок. Начальник участка А.Д. Афанасьев и монтажник А.Н. Прокофьев, как особо отличившиеся, получили правительственные награды.

В 1974 г. завод освоил серийный выпуск препаративной ультрацентрифуги, разработанной НПО ГАЗ (г. Горький) и ОКБ завода совместно с институтом им. И.В. Курчатова под руководством и по идее академика И.К. Кикоина.

Наибольший вклад в разработку, освоение и изготовление ультрацентрифуги внесла группа специалистов СКБ: Э.В. Ахмадеев, В.И. Гогин, К.В. Коробьева, Н.В. Дорош, В.Г. Петухов.

За создание, промышленное освоение и внедрение препаративной ультрацентрифуги

коллективу под руководством И.К. Кикоина, директору завода С.Г. Прокофьеву и начальнику цеха Э.И. Орловскому присуждена Государственная премия 1980 г.

С 1970 г. на заводе формируется новое направление — приборы для физических измерений в процессе проведения испытаний. Первым из них был осциллографический регистратор СУР-1. Это положило начало длительному сотрудничеству завода с НИИИТ, продолжающемуся до настоящего времени. Выпускным цехом по производству приборов физических измерений был определен цех электронной автоматки. За первым прибором последовали более совершенные СВР5, СРГ5 (отмеченный бронзовой медалью ВДНХ в 1979 г.), и, наконец, в 1988 г. был налажен серийный выпуск прибора СРГ7, не имевшего в то время мировых аналогов.

За создание и внедрение новых приборов зам. главного конструктора В.Г. Петухову и начальнику цеха Е.И. Мокринскому присуждена Государственная премия 1989 г.

В эти же годы цехом осваивается выпуск комплексов, реагирующих на первичные факторы взрыва.

Для производства этих изделий потребовалась перестройка цеха: создание участка кабельной продукции, автоматизация заливочных процессов, организация участка конвейерной сборки, построение отдельного помещения лаборатории для испытания комплексов.

В начале 80-х годов началось освоение образцователей первичных факторов ТДИ131, выпуск которых был налажен крупными партиями благодаря уже имевшейся конвейерной сборке и хорошему лабораторному оснащению. Восьмидесятые годы характерны тем, что в это время в объемах программы цеха значительную часть занимали технические средства охраны и обнаружения «Конус ЗМ», «Конус ЗМС», СРПС2, СРПС4, «Бином», СРПН1, «Тент», «Гряда».

За создание и промышленное освоение специальных приборов главному инженеру В.И. Николаичеву присуждена Государственная премия 1982 г.

Параллельно с приборным производством развивалось корпусное производство. В середине 60-х годов на смену крупногабаритным корпусам типа «Татьянок» появились более сложные и трудоемкие в изготовлении конст-

рукции. В это время механосборочное производство освоило несколько прогрессивных технологических процессов, в том числе полуавтоматическую и точечную сварку тугоплавких сплавов.

За разработку и освоение в серийном производстве специальных изделий зам. главного конструктора В.М. Виноградову присуждена Государственная премия 1967 г.

Создание новых типов изделий потребовало разработки принципиально новых методов нанесения различных покрытий на разнообразные, в том числе делящиеся материалы. Был разработан метод плазменного напыления в контролируемой атмосфере. Для реализации решения Министерства от 26.01.72 г. на машиностроительном заводе «Молния» в 1974—1980 гг. был создан участок плазменного напыления «Гефест». Разработка оригинального и сложного оборудования участка велась бригадой специалистов из института им. А.А. Бочвара и работников завода.

Задачи такой сложности и объема решались впервые в Советском Союзе. На тот период не было сведений о внедрении плазменного напыления в контролируемой атмосфере в серийное производство.

В кратчайшие сроки это оборудование было изготовлено, в основном, силами завода. Уже с 1980 г. на заводе были освоены эти уникальные технологии.

За создание и внедрение специальных технологий и выполнение комплекса работ по созданию участка «Гефест» в 1987 г. была присуждена Государственная премия СССР главному технологу завода А.С. Ефимову, начальнику отраслевой научно-исследовательской технологической лаборатории В.И. Увину и металлургу участка А.В. Бугрову.

С конца 70-х годов завод приступил к освоению более современных и сложных конструкций корпусов.

Работа коллектива механосборочного производства по изготовлению корпусов заслужила высокую оценку. Многие работники предприятия были представлены к правительственным наградам: А.С. Андреев, Р.Ш. Ягофаров, Н.Г. Азаренков, А.С. Ефимов, С.А. Браваренко, П.Н. Литвинов, Г.П. Трошин, В.М. Паченов, М.П. Барсуков. А группе сотрудников ВНИИТФ, в том числе главному инженеру за-

вода Н.С. Миронову, присуждена Государственная премия 1981 г.

Благодаря внедрению обрабатывающего центра ОЦКО 126ФЦ (на базе револьверного пресса с программным управлением) значительно уменьшились затраты на подготовку производства за счет упрощения технологической оснастки, сократился монотонный физически нелегкий труд, стало возможным быстро переходить с изготовления одного вида продукции на другой. Большая заслуга в этом принадлежит зам. начальника цеха, заслуженному технологу России Г.В. Гафину.

Внедрение быстро переналаживаемого оборудования позволило цеху без особых трудностей перейти на изготовление товаров народного потребления: различных типов сепараторов, машин для изготовления продуктов питания, упаковочных машин, каталитических обогревателей и другой продукции.

Так, для изготовления тарелок сепараторов было модернизировано отечественное оборудование на базе токарных полуавтоматов 1Е713. Внедрение этого оборудования, новых смазочных материалов, конструкций оснастки позволило получить тарелки высокого качества, которые по признанию ведущих специалистов фирмы Альфа-Лаваль не уступали зарубежным. Большой вклад в эту работу внесли Г.В. Хлебников, В.А. Масальский, И.М. Мартиросов, А.Ф. Виноградов.

В 1982 г. было сдано в эксплуатацию здание для вновь созданного цеха № 8 — цеха микроэлектроники, возглавляемого в разные годы А.С. Вуколовым, А.Н. Мироновым.

На новых площадях разместилось сложное современное оборудование: установки напыления, экспонирования, травления, проявления, раздубливания, оплавления, автоматическая линия гальванопокрытий «Дина 100», прогрессивное лазерное оборудование для сварки корпусов микроузлов, подгонки резисторов и резки микроплат.

Микроэлектроника требует специальных условий производства. Эти условия для двух производственных этажей цеха поддерживает оборудование, размещенное на остальных четырех этажах корпуса. Наладкой этого беспокойного хозяйства и производственных установок занималась группа, руководимая Е.А. Мясниковым.

Цех микроэлектроники обеспечивает нужды сборочных цехов завода печатными платами,

микроплатами, микросборками, которые изготавливаются опытными специалистами.

В 1981 г. на базе технического комплекса фирмы «Квест» была внедрена система автоматизированного проектирования печатных плат, которая позволила сократить трудоемкость и цикл технической подготовки производства печатных плат.

В 1985—1987 гг. во всех цехах на базе мини-ЭВМ были созданы АСУ, обеспечившие оперативное управление цехами. У истоков освоения АСУ цехами стояли В.Б. Карпов, А.Е. Гуляев, Л.И. Катруша, А.А. Лукин, М.А. Тиновицкий, О.В. Привалова, А.В. Беляев, Г.Х. Шакеров, технологи и ПРБ цехов.

В настоящее время 100% программ с ЧПУ, все технологические процессы и до 20—30% конструкторской документации на заводе производятся средствами вычислительной техники.

В 1993 г. был создан отдел САПР под руководством инженера-программиста А.Б. Крюкова, что позволило изменить узкую направленность деятельности коллектива и решать не только сугубо конструкторско-технологические, но и более важные в условиях рыночной экономики проблемы, такие как подготовка рекламных материалов с использованием средств цветокопирования и издательских систем, освоение и внедрение сетевых и телекоммуникационных средств, в частности, коммерческой сети РЕЛКОМ, позволившей получить доступ к базам данных материалов, оборудования и комплектующих, выпускаемым предприятиями РФ и СНГ.

К сожалению, хорошо начавшиеся в конце 80-х процессы конверсии военных предприятий с участием государства, с сохранением планового начала, были нарушены событиями начала 90-х годов, и эти важнейшие для жизни всех оборонных предприятий дела начали складываться полустихийно.

Предприятие планировало быстрый, но все-таки постепенный перевод части мощностей на гражданскую продукцию. Однако резкое, превышающее все возможности предприятия сокращение военных заказов привело к состоянию борьбы за выживание, что вызвало необходимость создания собственных подразделений, способных заниматься разработкой документации на изделия гражданской тематики.

Еще в 1987—1988 гг. на предприятии были осуществлены серьезные структурные преоб-

разования. Были сформированы пять основных направлений развития гражданской продукции:

оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции;

технические средства охраны гражданского назначения;

телевизионная техника;

приборы для контроля расхода жидкостей и тепловой энергии; оборудование для получения тепловой энергии нетрадиционным способом.

В 1987 г. была создана бригада под руководством зам. начальника отдела Н.И. Разгоняева для разработки конструкторской документации на установку ионной имплантации «ВИТА».

Установка предназначена для упрочения деталей машин, инструмента и оснастки. Повышение эксплуатационных свойств изделий достигается прямым ионным легированием большинством элементов периодической системы и с помощью ионно-лучевого перемешивания. Установка позволяет в едином цикле производить очистку поверхности обрабатываемых деталей, осуществлять легирование примесями и наносить любые тонкие защитные и декоративные покрытия. Установка «ВИТА» экологически чистая и радиационно-безопасная.

Разработанные с помощью установки «ВИТА» способы обработки увеличивают износостойкость, коррозионную стойкость, повышают сопротивление усталостному разрушению, придают антикоррозионные свойства, увеличивают цикличную долговечность деталей из титановых, никелевых и конструкционных сталей.

Главными теоретиками и разработчиками технологических процессов ионной имплантации были М.Н. Гусев и М.В. Атаманов из института атомной энергии им. И.В. Курчатова.

В 1992 г. на базе ЦЗЛ был создан научно-исследовательский технологический центр НИТЦ. В настоящее время НИТЦ представляет собой хорошо организованный и профессионально подготовленный коллектив, оснащенный в значительной степени необходимыми приборами и оборудованием. Подразделение поддерживает постоянные связи более чем с 15-ю отраслевыми и академическими институтами и двумя десятками заводов. С 1959 г. и по

настоящее время коллектив возглавляет И.М. Мартиросов.

В мае 1989 г. в производственной программе завода появилась тематика — создание центробежных жидкостных сепараторов для пищевых отраслей. Сепараторы, являясь одними из наиболее сложных единиц технологического оборудования в пищевой промышленности, были освоены заводом достаточно быстро. Уже в первом квартале 1990 г. начался серийный выпуск саморазгружающихся сепараторов производительностью 500 и 10 000 л/ч. Освоение этой техники проходило под личным контролем и при непосредственном участии ведущих специалистов завода и руководстве в лице генерального директора Н.С. Миронова, главного инженера В.И. Николаичева, главного технолога А.С. Ефимова.

Было создано специальное научно-техническое подразделение под руководством главного конструктора канд. техн. наук А.Т. Борисова, начальника отдела серийных сепараторов В.И. Соловьева, начальника отдела новой техники И.А. Сеславинского с привлечением научно-технических кадров из Всесоюзного научно-исследовательского и конструкторского института продовольственного машиностроения.

В 1992—1995 гг. этим подразделением были созданы сепараторы, которые привлекли внимание зарубежных потребителей. В эти же годы сепараторы стали экспортировать в Турцию, Грецию, Иран, США. В настоящее время сепараторостроительная тематика продолжает оставаться одним из важных направлений деятельности завода. С учетом требований рыночной экономики, заводом в 1994 г. освоен выпуск комплекта технологического оборудования КМТМ-2 для переработки молока производительностью до 3000 л/сут., включающего в себя различные емкости, маслоизготовитель, линию производства творога, сметаны, молока заданной жирности.

Установка УНЗ-1 для заполнения и укупорки пакетов с молоком разработана под непосредственным руководством инженера О.В. Кожевникова, начальника отдела автоматики производственных процессов.

В 1995 г. группой под руководством И.А. Сеславинского был создан и внедрен в производство саморазгружающийся сепаратор-сливкоотделитель производительностью 1500 л/ч, не имеющий аналогов на мировом



Молочный сепаратор

рынке (ОСЦП-1,5). Таким образом, создание сливкоотделителя ОСЦП-1,5 позволяет отечественным молокоперерабатывающим хозяйствам оснащать свои молокозаводы современными и надежными сепараторами и одновременно поставлять данную технику на мировой рынок.

В 1994 г. для более успешного вписывания в рыночные процессы на предприятии созданы управления по маркетингу в каждой из существующих тематик. Разработаны и внедрены соответствующие системы стимулирования, поставлены и частично решены задачи выхода на мировой рынок с конкурентоспособной продукцией.

Сегодня ПО «Машиностроительный завод «Молния» может производить все, что перечислено ниже.

1. Для переработки сельскохозяйственной продукции:

сепараторы — очистители молока производительностью 3, 5, 10, 25 т/ч, в том числе для холодной очистки 5, 10, 25 т/ч; сепараторы-сливкоотделители — 0,3; 1; 1,5; 3 т/ч; жировые сепараторы 0,8; 1,5 т/ч;

разрабатываются сепараторы для очистки фруктовых соков, сепараторы сливкоотделители и молокоочистители с автоматической выгрузкой осадка, которые имеют спрос на мировом рынке. Кроме того, в направлении переработки освоены разные виды оборудования

(приемные емкости, теплообменник, аппарат для созревания сливок, маслоизготовитель, пресс-тележки для творога, упаковочная машина), которые комплектуются в набор для переработки 1—6 т молока по безотходной технологии. Предприятие предлагает разработку проекта, привязанного к реальным условиям потребителя, шеф-монтаж, отработку технологий переработки молока и сервисное обслуживание.

2. ТСО гражданского направления:

датчики для охраны помещений;
система для охраны периметров;
комплексные системы охраны объектов с разработкой проектов, шеф-монтажом и сервисным обслуживанием.

3. Расходомерия:

датчики-расходомеры проводящих жидкостей (в том числе воды, молока и т.д.) от оу 10 до оу 300;

счетчики-расходомеры различной модификации и размеров от оу 10 до оу 300;

теплосчетчики (от оу 10 до оу 300) с лучшими в России техническими характеристиками;

теплосчетчики для трубопроводов от 300 мм до 4 м в диаметре. Предприятие предлагает полный комплекс услуг: разработку проекта установки, монтаж, сдачу в эксплуатацию, сервисное обслуживание.

4. Телевизионное направление наряду с освоенными ранее селекторами телевизионных

каналов СКМ и СКД выпускает передатчики и приемники в системе ТВ-информ, позволяющие потребителю по телевизионному эфиру в реальном времени иметь информацию, формируемую в студиях «Останкино» (коммерческую, юридическую, медицинскую, педагогическую). Многие избирательные пункты России оснащены этой техникой.

5. Приборы для получения тепловой энергии нетрадиционным способом:

освоен выпуск солнечных коллекторов, на базе которых выпускается система для подогрева воды (0,5—1 т/сут) для ферм, теплиц и т. п.;
выпускается ряд каталитических нагревателей с беспламенным сжиганием различного топлива (бензина, природного и сжиженного газа и т. п.).

6. На предприятии освоены современные безмасляные турбомолекулярные насосы КОВ 1000. Ведется разработка форвакуумных и турбомолекулярных насосов на магнитной подвеске.

Выживание предприятия, а в дальнейшем и его подъем, связаны с развитием этих направлений, с отслеживанием потребностей рынка и потенциальных конкурентов, быстрой реализацией запросов потребителей, непрерывным совершенствованием техники.

Для этого возможности у предприятия есть, и, следовательно, есть надежды на будущее.

Уральский электромеханический завод

Л. М. Кузнецов



Заводоуправление

17 мая 1957 г. Постановлением Совета Министров СССР № 523-262 Завод № 707 Министерства судостроительной промышленности (ныне Уральский электромеханический завод) был передан в систему Министерства среднего машиностроения.

Биография завода началась в августе 1941 г. в качестве филиала Завода № 209 им А.А. Кулакова, на базе эвакуированной его части из Ленинграда и относящейся к Наркомату судостроительной промышленности (НКСП). Завод расположился в городе Свердловске, в здании третьего учебного корпуса Уральского политехнического института, и приступил к выпуску необходимых фронту телеграфных аппаратов, шифровальных аппаратов, звукометрических станций и других изделий, в том числе деталей «Катюш».

День первой отправки на фронт выпущенной заводом продукции (25 августа 1941 г.) на Урале считается «Днем рождения завода». В январе 1942 г. филиал Завода № 209 становится самостоятельным предприятием — заводом № 707 НКСП.

В 1949 г. Советом Министров СССР определена необходимость создания на заводе № 707 базы по выпуску комплектации ядерных бое-

припасов (ЯБП). Постановлением СМ СССР № 1784-656с от 1 мая 1949 г. принято решение о строительстве завода с объемом выпуска аппаратуры для ЯБП в размере 60% общей мощности предприятия.

Первый проект на строительство нового завода был выполнен ГСПИ Минсудпрома СССР. Главный инженер проекта П.П. Старосельцев руководил проектированием и осуществлял авторский надзор. Строительство завода было поручено строительным и специализированным монтажным организациям Свердловска. В связи со сжатыми сроками, строительство завода проводилось параллельно с проектированием.

Первыми изделиями, выпускаемыми заводом, стали блоки низковольтной автоматики, пульты управления центрифугами и сами центрифуги для разделения изотопов урана. Постановленные перед заводом совершенно новые задачи определили и новые направления в его развитии. Появилась потребность в кардинальном изменении всего профиля производства, обеспечивающего высококачественный выпуск высокоточной продукции, освоении новых более совершенных технологий, значительно отличающихся от ранее применяемых, укомплектовании завода дипломированными специалистами.

Выпускаемые для Минсудпрома и ПГУ заказы стали несовместимыми на одном производстве, что послужило причиной передачи изделий Минсудпрома на соседнее предприятие. Таким образом, завод перешел на выпуск новой продукции. Ему был поручен выпуск заказов по двум направлениям:

аппаратура автоматики специальной боевой части ЯБП;

стендовая аппаратура предстартового и эксплуатационного контроля.

В 1957 г. завод на осваиваемой под строительство территории имел производственные площади 35 000 м².

К этому времени были построены и работали корпус № 1 площадью 19 800 м², в котором разместились два механических цеха, два сборочных цеха, инструментальный цех, цех покрытий, ремонтно-механический цех и все отделы заводоуправления и другие корпуса.

Одновременно с промышленными объектами строились и объекты социально-бытового назначения. Тремя очередями в 1953, 1954 и 1956 гг. был сдан в эксплуатацию первый жилой дом на улице Ленина и в 1955 г. первый детский сад во дворе этого дома. Следом был построен 102-квартирный дом по ул. Ленина с кинотеатром «Искра».

В 1957 г. проектирование завода было передано ГСПИ-12 Минсредмаша СССР. Директор института Ф.З. Ширяев назначил ГИП А.В. Лаврова, а его заместителем Н.А. Алешина, ставшего в дальнейшем главным инженером проекта завода. 1 августа 1957 г. утверждали плановое задание на расширение и реконструкцию завода. Годовой объем выпускаемой заводом продукции в 1960 г. увеличился в 6 раз по сравнению с 1950 г.

Успехи, достигнутые заводом в эти и последующие годы, неразрывно связаны с именами директора завода А.А. Соловьева, главного инженера П.А. Судакова, главного конструктора Ф.А. Селезнева.



Александр Алексеевич Соловьев (родился 25 апреля 1914 г.) — директор завода с 1946 по 1983 г. Герой Социалистического Труда. Лауреат Государственной премии. Кавалер двух орденов Ленина, ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени, ордена «Знак Почета», Почетный Гражданин г. Свердловск.

В ноябре 1946 г. тридцатидвухлетний подполковник А. А. Соловьев приехал в Свердловск с заданием

возвратить завод в город Ленинград. Считая, что завод им. Кулакова уже «встает на ноги» и нет необходимости в расформировании сложившегося за годы войны коллектива, демонтаже и транспортировке в Ленинград оборудования, А.А. Соловьев, в ранге директора завода, предлагает Министру судостроительной промышленности оставить завод на Урале.

Предложение было принято. Завод № 707 остался на Урале.

С той поры в течение 37 лет А.А. Соловьев, бесспорно, был лидером завода. Неиссякаемая энергия, жесткая требовательность к себе и к своим подчиненным, обязательность, пунктуальность и человеческая порядочность создали на заводе А.А. Соловьеву не только должностной, но больше личностный авторитет.

Взяв курс на омоложение кадров, А.А. Соловьев смело назначал на руководящие должности молодых специалистов-инженеров, ставших не только добросовестными исполнителями его идей, но и развившими его замыслы, сделав их реальностью.

Павел Андрианович Судаков — главный инженер завода с 1946 по 1972 г., дважды лауреат Государственной премии, награжден орденом Ленина, орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета».

В 1930 г. П. А. Судаков поступает на завод им. А.А. Кулакова чертежником, а в 1937 г. без отрыва от производства он закончил Ленинградский электромеханический институт. Чертежник, инженер-конструктор, старший конструктор — основные вехи работы П. А. Судакова на Заводе № 209.

В 1941 г. завод эвакуировали в Свердловск. П.А. Судаков — руководитель группы, главный конструктор, главный инженер завода № 707 и Уральского электромеханического завода.

Человеком энциклопедических знаний, интеллигентом, мягким по характеру, добрым «дядькой-наставником» — таким был для молодых инженеров и таким остался в их памяти Главный.

Федор Антонович Селезнев (1907–1979 гг.) — главный конструктор завода с 1946 по 1970 г. Награжден орденом Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени. Ф. А. Селезнев родился в г. Батум, где в 1928 г. закончил индустриальный техникум. После переезда семьи в Ленинград учился в Ленинградском электротехническом институте, который закончил в 1936 г., работая конструктором на заводе № 209. В 1941 г. эвакуация в Свердловск. Ф.А. Селезнев был создателем звукометрической аппаратуры, выпускаемой заводом.



Из воспоминаний Главного маршала Н. Н. Воронова: «Звукометрические станции засекали батареи противника и давали их координаты с вполне достаточной точностью. Я много раз добрым словом вспоминаю нашего замечательного конструктора, который создал эти станции».

После передачи завода в Минсредмаш был организатором серийного конструкторского бюро и руководителем освоения новой продукции.

Значительный прирост производственных площадей, достигнутый к концу 50-х годов, не обеспечивал планируемого роста выпускаемой заводом продукции и новых направлений в развитии техники.

Поэтому в 1960 г. было разработано новое проектное задание, предусматривающее расширение производственных площадей и приведение парка оборудования в соответствие с плановыми заданиями. Необходимо было перейти на изготовление изделий микромеханики и электроники, освоение новых для завода самых передовых технологий. За этот период освоено более ста новых заказов.

Освоение этих заказов было успешным, потому что на завод пришло молодое поколение дипломированных специалистов (инженеров, выпускников вузов). Им было доверено руководить производством, вершить техническую и экономическую политику, строить и развивать завод. Б.Я. Зеликсон, Г.Н. Зарайский, И.А. Томилова, Л. А. Суворова, Н. К. Комаров, Л.М. Кузнецов, Н.А. Мещерягин, В.Ф. Воинов, М.И. Зубко, Ю.Я. Кузьмин, Г.В. Хренов и многие другие талантливые инженеры, стали впоследствии руководителями цехов, служб и отделов завода.

На заводе были созданы все необходимые условия для получения без отрыва от производства средне-технического и высшего образования. С 1966 г. на заводе началась работа по созданию автоматизированной системы управления производством на базе вычислительной техники.

В 1968 г. Постановлением СМ СССР завод вошел в общесоюзную систему «Кунцево» по разработке автоматизированной системы управления (АСУ).

В 1969 г. на заводе пущена в эксплуатацию первая очередь информационно-вычислительного центра, создана служба автоматизированной системы управления производством (АСУП), организована ставшая головной отраслевой лаборатория АСУП, и ее начальни-

ком, как и вновь организованного отдела, стал кандидат технических наук, выпускник УПИ им. С.М. Кирова Ю.Б. Павлов.

Десятилетие (1961—1970 гг.) отмечено интенсивным строительством промышленных сооружений, жилья, культурно-бытовых объектов. Были построены и оснащены важные для завода литейный цех; центральный склад; реконструирован деревообрабатывающий цех; построено здание заводоуправления, где разместились инженерные службы и отделы.

В эти годы проделана значительная работа по реконструкции и расширению участков цехов. Начатая как перестройка отдельной части, реконструкция в ходе ее осуществления превратилась в реконструкцию всего технологического комплекса производства.

Проектирование осуществлялось с участием специалистов завода, ГСПИ, генподрядной строительной организацией. Завод полностью отказался от привлечения к строительным и монтажным работам организаций Свердловска. Генподрядной организацией стало Среднеуральское управление строительства МСМ.

К уникальному объекту строительства следует отнести сданный в эксплуатацию в 1964 г. корпус сборочных цехов с созданным на отдельных наиболее ответственных участках микроклиматом, оснащенный передовым сборочно-монтажным оборудованием, камерами беспылевой сборки.

За 1960—1970 гг. объем производства увеличился в 6,6 раза, основные фонды возросли в 2,2 раза. И все эти годы у руля производства стоял его начальник, заместитель директора по производству, А.И. Шишкин, начавший свой производственный путь на заводе в 1941 г.

Александр Иванович Шишкин родился 30 августа 1918 г. В 1958 г. А.И. Шишкин закончил Московский планово-экономический институт, работал заместителем директора по производству с 1961 по 1984 г. Награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалью «За трудовую доблесть».



«Старший тренер» — так называли его начальники цехов. Имея большой производственный опыт, буду-



Спортивный комплекс

чи начальником трех цехов и парторгом завода, Александр Иванович знал не только по имени и отчеству многих, кто работал на заводе, но и каждую единицу работающего оборудования.

Рекомендованная им и принятая «на вооружение» система оперативно-календарного планирования позволила быстро определять «узкие места» в производстве и в итоге обеспечила стабильность работы цехов по отчетным декадам и стабильность работы завода в целом.

Троллейбусная линия, проложенная по инициативе А.А. Соловьева, упростила не только прибытие на завод его работников, но и значительно увеличила приток свердловчан в спортивный комплекс и ДК «Урал». Дворец культуры «Урал» был сдан в эксплуатацию в январе 1969 г. Типовой проект, по которому были построены многие Дома культуры, был переработан по предложению завода. За основу был взят проект Дома культуры, построенного в поселке Заозерный Красноярского края.

Переработку проекта возглавили главный инженер проекта завода Н.А. Алешин, начальник ОКС завода Г.Н. Зарайский.

1970—1980 гг. отмечены проведением очередной реконструкции завода, необходимой в связи с ростом объемов производства, появлением новых материалов и технологий, повышением требований к качеству и надежности осваиваемых изделий. Возникла необходимость расширения служб главного конструктора, главного технолога, центральной заводской лаборатории, отдела контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, отдела энергетики и механика.

Решение о реконструкции завода было при-

нято СМ СССР № 667-239 от 28.08.68 и 415-150 от 30.05.69. К 1974 г. был освоен новый корпус, давший прирост производственных площадей 48 000 м². В нем разместились механический цех для изготовления миниатюрных высокоточных деталей; инструментальный цех; цех микроэлектроники; информационно-вычислительный центр; служба главного технолога; центральная заводская лаборатория; служба главного метролога.

Все подразделения, размещенные в корпусе, были оснащены уникальным отечественным и импортным оборудованием. Это дало возможность увеличить больше чем в 2 раза объем выпускаемой заводом новой техники.

В канун 1979 г. был сдан в эксплуатацию инженерно-лабораторный корпус 5Е, в котором разместились подразделения СКБ, лаборатории периодических и надежностных испытаний, лаборатории неразрушающего и прогнозирующего контроля.

В эти годы освоено больше двухсот новых сложных изделий, организовано 16 новых производств, среди них такие как производство печатных плат, производство микросхем частного применения, изготовление микросердечников, изделий микроэлектроники, выпуск деталей методом порошковой металлургии, прецизионная сварка приборов, производство частотных приборов, производство сложноконтурных деталей на электроискровых станках с ЧПУ и многих других.

Особое внимание уделялось повышению производительности труда в механообрабатывающем производстве, внедрению автоматического и полуавтоматического оборудования, станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Первыми станками с ЧПУ были в 1969 г. фрезерные станки отечественного производства 6Н13. Программы для работы станков разрабатывались инженерами отдела главного технолога А.Г. Чечулиным, В.И. Савотиным, В.Н. Чесноковым. В 1970 г. на завод поступили два станка «обрабатывающий центр» фирмы Оливетти. Работники завода А.Г. Чечулин и А.С. Гребенщиков проходят стажировку на заводе «Знамя революции» МАП. Прекрасно показавшие себя в работе, эти станки дали новое направление в развитии парка механообрабатывающего оборудования.

Впоследствии заводом заказывалось и при-

обреталось специальное и специализированное оборудование, около 20% которого было с числовым программным управлением.

Внедрение новых и новейших технологий, освоение новых направлений в технике требовали изменений в кадровой политике, вызвали необходимость в специалистах высшей квалификации. Для решения этой задачи на заводе были созданы курсы подготовки инженеров к сдаче экзаменов кандидатского минимума, создана благоприятная обстановка для подготовки и защиты диссертаций.

В начале 70-х годов заводом принята для реализации идея подключения серийных предприятий к освоению новых изделий на ранних стадиях их разработки.

Это изменило сложившуюся годами практику освоения выпуска новых изделий: разработка КД, изготовление и испытания опытных партий на заводах разработчиков, передача конструкторской документации серийным заводам, серийное освоение изделий. На ранних стадиях к разработчикам были подключены конструкторы и технологи завода, знающие технологические возможности производства и опыт работы серийщиков.

Первые партии передавались для испытаний разработчику и одновременно готовилась база для выпуска и заводских испытаний серийных изделий.

Дополнительные финансовые расходы, связанные с освоением новой продукции «с колес», оправдали себя выигрышем во времени, а следовательно, и общим снижением затрат у разработчика и серийного завода.

Организатором этой работы на заводе стал бывший в это время главным конструктором Н.А. Мещерягин.



Николай Адрианович Мещерягин — главный конструктор завода в 1970—1978 гг., он кандидат технических наук, лауреат Государственной премии, награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Весь трудовой путь Н. А. Мещерягина связан с Минсредмашем: в 1955 г. по окончании УПИ им. С.М. Кирова начал работать инженером СКБ электромеханического завода «Авангард», с 1960 г. на УЭМЗ —

ла, заместитель главного конструктора, главный конструктор. За эти годы внес большой личный вклад в разработку, серийное освоение и поставку на вооружение разных специзделий.

В составе группы главных специалистов принимал активное участие в организации и проведении работ по повышению надежности и расширению эксплуатационных гарантий специзделий, за что в 1977 г. был удостоен звания лауреата Государственной премии.

На всех этапах становления и развития завода главное внимание было сосредоточено на качестве и надежности выпускаемой продукции. На ранних порах работы завода в Минсредмаше доктрина главного инженера завода П.А. Судакова — «Дайте не количество, а качество» — сыграла главенствующую роль в выпуске безотказной техники, обеспечении гарантийного эксплуатационного срока изделий.

Усложнение выпускаемой заводом техники, появление в производстве новейших материалов, ужесточение требований к надежности поставляемых на завод комплектующих определили создание на заводе научно-исследовательской лаборатории неразрушающего и прогнозирующего контроля, которую возглавил канд. физ.-мат. наук Н.И. Кордюков. Лаборатория становится отраслевой, способной направлять деятельность создающихся на предприятиях лабораторий.

В производственной и лабораторной практике предприятиями отрасли освоены на мировом уровне все виды современных методов неразрушающего контроля: магнитные, электромагнитные, акустические, капиллярные, оптические, радиационные.

Осуществлен входной контроль материалов и полуфабрикатов, контроль на разных стадиях технологических процессов литья, гальванических процессов и др. Особое внимание уделялось автоматизации контрольных операций с использованием ЭВМ.

Спроектированные, сделанные руками работников лаборатории приборы нашли широкое применение на предприятиях электронной и авиационной промышленности, цветной и черной металлургии, железнодорожном транспорте.

Заводская система качества создавалась и совершенствовалась более двадцати лет, начиная с середины шестидесятых годов:

1964—1972 гг. — разработаны первые нормативные документы системы бездефектного изготовления продукции, создана информатив-

ная технология на базе традиционных первичных документов;

1973—1976 гг. — создание автоматизированной системы управления (АСУ «качество») как подсистемы АСУП первого поколения, попытки увязать работы отдельных предприятий на уровне отрасли, создание отраслевой ПДКК;

1977—1980 гг. — взят курс на стандартизацию, создается комплексная система управления качеством продукции (КС УКП). В 1979 г. разработана и в 1980 г. проведена государственная регистрация КС УКП предприятия;

1981—1985 гг. — создана подсистема УКП, интегрированная АСУ «Плутон-4».

Все работы выполнялись при согласовании и непосредственном участии представителей заказчика. Руководителями работ были А.А. Щербаков, Н.П. Карасев, В.Д. Неплохов, В.П. Еременко, Б.Н. Чадов.

При создании систем УКП упор делался на обеспечение условий управляемости процессов изготовления продукции во взаимосвязи с этапами их разработок, проектирования и эксплуатации. Сейчас перед заводом стоит задача преобразования действующей системы качества на соответствие требованиям международных стандартов ИСО серии 9000.

Говоря о системе качества, следует вернуться к 1957 г. — году перевода завода в Минсредмаш. Именно тогда начальник конструкторского отдела СКБ Б.Я. Зеликсон стал инициатором работ по стандартизации на предприятии. Многие стандарты предприятия стали основой заводской системы качества.



Борис Яковлевич Зеликсон был заместителем главного инженера. Награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени.

Выпускник МВТУ им. Баумана Б.Я. Зеликсон начал свою трудовую биографию на Уральском электромеханическом заводе 17 декабря 1949 г. и прошел путь от мастера сборочного цеха до заместителя главного инженера.

Всю свою творческую инженерную деятельность в должностях начальника конструкторского отдела, заместителя главного конструктора, заместителя главного инженера посвятил становлению ОКБ, воспитанию высококвалифицированных специалистов, организации подго-

товки производства, обеспечению качества и надежности изделий.

Инженерная эрудиция, компетентность, коммуникабельность позволяли Борису Яковлевичу достойно представлять УЭМЗ на родственных предприятиях, институтах-разработчиках, в Министерстве, где он снискал заслуженный авторитет и уважение.

В соответствии с контрольными цифрами на 1981—1990 гг. по капитальному строительству было намечено дальнейшее расширение и реконструкция завода и его социальное развитие с учетом роста программы и необходимости организации новых производств по нескольким новым темам и направлениям.

Для создания мобильных площадей, обеспечивающих временное перемещение реконструируемых действующих цехов, в 1981 г. закончено строительство корпуса 9А площадью 4500 м², куда перебазировался заготовительный цех и склад металлов.

Ускоренно велось строительство и сданы в эксплуатацию в намеченные сроки корпуса 10 и 11 на месте снесенных зданий заготовительного участка и автогаражного хозяйства. На месте снесенного здания деревообрабатывающего цеха строится корпус 11А цехов микромеханики. Строительство этих трех корпусов дало прирост производственных площадей в размере 76 000 м².

В корпус 10 перебазировались кузнечный и термический участки; деревообрабатывающий цех; гальванический участок цеха покрытий; заготовительный участок инструментального цеха; участок предварительной подготовки заготовок заготовительного цеха.

С переводом названных выше участков расширились производственные площади механического и механосборочных цехов в корпусе 1, определенные не только для роста выпуска основной продукции, но и для увеличения выпуска товаров народного потребления и гражданской продукции, бытовой техники.

В 1983 г. ушел на пенсию директор завода А.А. Соловьев, оставивший после себя зрелый коллектив руководителей, способных решать любые задачи, «до мозга костей» преданных заводу, бывших за тридцатисемилетний период его работы на заводе соратниками и сподвижниками. Директором завода стал Л.М. Кузнецов, главным инженером Н.К. Комаров.



Леонид Михайлович Кузнецов (родился 5 декабря 1937 г.) — генеральный директор завода, кандидат технических наук, член-корреспондент академии инженерных наук РФ, лауреат Государственной премии.

Награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета».

После окончания в 1960 г. УПИ им. С.М. Кирова, инженер-механик

Л.М. Кузнецов приходит работать на завод. Токарь, инженер-технолог инструментального цеха, заместитель начальника цеха, главный технолог, главный инженер, директор завода — таков производственный путь Л.М. Кузнецова на заводе. Хорошей инженерной подготовкой, прекрасным знанием парка оборудования и технологий, применяемых на заводе, зарекомендовал себя молодой инженер. Эти достоинства привели в 1969 г. Л.М. Кузнецова в «кресло» главного технолога, а в 1972 г. — к должности главного инженера.

На этих должностях Леонид Михайлович показал себя не только как широко эрудированный инженер, но и как организатор производства, стратег и тактик.

Новаторские идеи Л.М. Кузнецова, ставшего директором завода, в жестких условиях конверсии позволили удержать «на плаву корабль» УЭМЗ. По его инициативе и при непосредственном участии создается производство видеомагнитофонов, лазерных проигрывателей, компакт- и CD-ROM-дисков, телефонных станций, медицинской техники и медицинского инструмента, изделий для Газпрома и железнодорожного транспорта. Будучи продолжателем курса А.А. Соловьева, Л.М. Кузнецов много сил и энергии отдал промышленному и гражданскому строительству. Простота в обращении с подчиненными, душевность, дружелюбие, внимательность и порядочность — далеко не полный перечень лучших человеческих качеств Л.М. Кузнецова, сделавших его авторитетным, уважаемым человеком на заводе.

За успешное выполнение Правительственных заданий завод в 1972 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени, а многие работники отмечены правительственными наградами. Среди них Герои Социалистического Труда:

А.А. Соловьев — директор завода;

Г.С. Черепанов — фрезеровщик;

П.Н. Родионов — мастер.

Награждены:

орденом Ленина — 15 человек;
орденом Трудового Красного Знамени — 64 человека;

орденом Октябрьской Революции — 13 человек;

орденом «Знак Почета» — 125 человек;

орденом Трудовая Слава — 86 человек;

из них четверо награждены орденом Славы 3-й и 2-й степени,

орденом Дружбы Народов — 4 человека.

Медалями «За трудовую доблесть» и «Трудовое отличие» были награждены 251 работник завода.

Лауреатами Государственных премий за освоение новейшей техники в МСМ стали 13 работников завода.

Николай Константинович Комаров родился 23 октября 1932 г. В 1956 г. выпускник физико-технического факультета УПИ им. С.М. Кирова Н. Комаров поступает на УЭМЗ инженером СОКБ. С 1959 по 1963 г. работает в сборочном цехе начальником регулировочно-сдаточного участка, начальником лаборатории, заместителем начальника цеха, затем — заместителем главного технолога, главным технологом, главным инженером.



На всех должностях Николай Константинович отличался исключительной целенаправленностью и целеустремленностью, умением докопаться до корней проблемы и довести начатое дело до конца. Это было и есть в практике инженера Н.К. Комарова. Под его руководством разрабатываются и реализуются комплексные планы развития завода. Н.К. Комаров лауреат Государственной премии, награжден орденом «Знак Почета». Н.К. Комаров много сил и энергии отдаст техническому перевооружению завода, приобретению новейшего оборудования, пуску его в работу и эффективной эксплуатации. Руководя техническими службами, он создал дружный творческий коллектив единомышленников — талантливых инженеров, решающих сложные технические и организационные вопросы.

Период конверсии, идущий по всей стране, — для Уральского электромеханического завода очередной этап в его жизни. Резкое снижение военных заказов повлекло за собой необходимость изменения профиля завода, предназначенного на выпуск малосерийных изделий, к переходу на изготовление гражданской продукции.

Были разработаны конверсионные програм-

мы по трем уровням: федерального, отраслевого и регионального значения.

Программы федерального значения:

разработка и освоение производства средств телекоммуникации — «Телекоммуникация»;

создание комплексов унифицированных средств для автоматизации систем управления атомных электростанций «АСУ АЭС»;

освоение производства приборов автоматики для нефте-газопроводов;

создание производства кинескопов и телевизоров цветного изображения «Кинескоп» в Уральском регионе;

проект «Информационные технологии» — производство средств информационных технологий.

Программы отраслевого значения:

разработка и производство аудио- и видеотехники;

разработка и производство медицинской техники и медицинского инструмента;

разработка и освоение производства изделий научного приборостроения.

Программы регионального значения:

разработка и поставка на массовое произ-

водство товаров народного потребления и бытовой техники;

разработка и производство изделий для агропромышленного комплекса.

Совсем не гладко «становятся на ноги» конверсионные программы. Отсутствие инвестиций тормозит их реализацию, но тем не менее, завод не «раздавлен катком конверсии». Его механизм работает, набирая обороты, и есть надежда, что в скором времени заработает так, как работал и раньше.

Многих, кто начинал строительство завода, стоял у истоков его становления, уже нет в живых. Но то, что они сделали на заводе и для завода, в истории завода останется навсегда, и всегда будут в памяти людей следующие имена: А.П. Афанасьев, Д.П. Бычков, В.А. Дудин, Б.Я. Зеликсон, В.М. Ивашев, Л.М. Локшин, В.Н. Махов, В.П. Медведев, Н.А. Мещерягин, М.К. Овчин, А.Ф. Паршиков, Ю.Н. Перевощиков, Ф.А. Селезнев, П.А. Судаков.

Завод свято хранит память о тех, кто отдал свою сознательную жизнь заводу и ушел из жизни, о тех, кто уже не работает на заводе, выйдя на пенсию, кто своим добросовестным и самоотверженным трудом создал Славу завода.

Производственное объединение «Север»

Г. Д. Хроленков, А. Н. Горб

Постановлением Совета Министров СССР от 20 июня 1954 г. было принято решение о строительстве в Новосибирске приборного завода по производству изделий специального назначения. Решением Исполкома городского Совета от 28 сентября 1955 г. для промышленного строительства был выделен земельный участок площадью около 20 га вблизи Северного поселка. Утверждено проектное задание на строительство первой очереди предприятия, которому был присвоен литерный номер п/я 32. Датой рождения завода считается 4 октября 1955 г. — дата подписания приказа Министра о назначении первого директора Б.А. Панова, проработавшего на этом посту до 28 мая 1959 г.

За 40 лет деятельности предприятия этот ответственный пост занимали:

К.И. Соколов — 01.06.1959—30.11.1965 гг.,
В.Н. Якутик — 01.12.1965—30.10.1975 гг.,
Ю.И. Тычков — 31.10.1975—04.10.1986 гг.,
А.Н. Горб — с 05.10.1986 по настоящее время.



Борис Арсеньевич Панов родился 26 февраля 1911 г. в Тамбове. В 1938 г. закончил Московский станкоинструментальный институт. По окончании института работал до 1949 г. на Заводе № 69, г. Новосибирск, в должности заместителя главного механика, а с 1949 по 1955 г. — главным механиком завода п/я 80.

С 4.10.1955 по 28.05.1959 г. Б.А. Панов — первый директор вновь организуемого завода (завод «Химаппарат», ПО «Север»). Под руководством

Б.А. Панова осуществлялись первые этапы становления завода и формирование коллектива завода.

Б.А. Панов награжден орденом Трудового Красного Знамени за выполнение специального задания Правительства, медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.»

Первым главным инженером завода был на-

значен В.Н. Якутик, проработавший на этом посту до 01.12.1965 г., до перевода его на должность директора завода.

В июне 1957 г. были введены в строй первые два производственных корпуса завода, в которых были размещены производственные участки: механический, штамповки, гальваники, пластмасс, сборки и намотки электроэлементов, пропитки сборочных единиц.

Одновременно с организацией, проектированием и строительством завода шло комплектование кадров. Первыми работниками, пришедшими на завод вслед за Б.А. Пановым, были С.А. Мирзоян — заместитель директора по капитальному строительству; С.М. Минаев — инспектор по кадрам.

С развитием и совершенствованием производства росло профессиональное мастерство кадров завода. Многие специалисты, в том числе молодежь, пришедшая на завод со студенческой скамьи, выросли от рядовых ИТР до руководителей завода и Министерства:

Ю.И. Тычков — заместитель Министра;

А.Н. Горб — генеральный директор ПО «Север»;

Г.Д. Хроленков — главный инженер ПО «Север»;

О.В. Куратов — главный инженер 17 ГУ;

А.В. Бородич — заместитель генерального директора ПО «Север»;

С.Н. Рафальский — главный технолог ПО «Север»;

В.Н. Якутик — начальник 17 ГУ;

В.Г. Кирпичников — главный конструктор ПО «Север»;

А.Н. Зубцовский — бессменный главный конструктор ПО «Север» до ухода на заслуженный отдых, и др.

До 1958 г. при изготовлении деталей, узлов и сборок использовались технологические процессы разработчика изделий или родственных серийных предприятий отрасли, а 4 апреля 1958 г. инженером-технологом Е.Н. Дени-

совым на заводе был разработан первый технологический процесс.

В августе 1958 г. были отгружены заказчику первые изделия собственного изготовления — сначала сравнительно несложные, среди них катушки индуктивности, импульсные трансформаторы, затем более сложные устройства.

Основным назначением завода был выпуск изделий спецавтодиагностики, разрабатываемых КБ-25 под руководством главного конструктора А.А. Бриша (п/я А-7451, в настоящее время ВНИИА) с использованием новых принципов функционирования на новой специфической элементной базе.

В 1958 г. заводу было дано задание Правительства на освоение серийного выпуска этих изделий, что потребовало организации специальных участков и цехов.

В августе 1959 г. на базе сборочного участка узлов и элементов создается основной выпускной цех завода (цех № 1), которому поручается выпуск первого для завода специзделия. В конце 1959 г. первые изделия были сданы представителю заказчика и начат их серийный выпуск с последующим освоением ряда модификаций.

В 1962 г. завершены строительство и формирование основных его подразделений. С этого периода начинается для завода этап организационно-технического развития.

В 1964 г. завод приступил к подготовке производства по выпуску нового класса аппаратуры, применение которой обеспечило повышение безопасности специзделий.



Константин Иванович Соколов родился 6 марта 1915 г. в Воронеже. В 1939 г. закончил Ленинградский технологический институт. С 1950 по 1959 г. работал главным инженером Завода № 590 МПСС.

1 июня 1959 г. назначен директором предприятия п/я 32, работал на этом посту до ухода на заслуженный отдых 30 ноября 1965 г. К.И. Соколов был непосредственным руководителем освоения конструктивно и функционально новых разработок специзделий.

К.И. Соколов награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945», «За освоение целинных и залежных земель».

Были разработаны принципиально новые технологические процессы, такие как намотка, пропитка и заливка конденсаторных секций и узлов компаундом, с внедрением которых в конце 1964 г. была выпущена первая партия таких блоков.

В связи с уходом на пенсию К.И. Соколова директором завода в 1965 г. был назначен В.Н. Якутик, главным инженером — Ю.И. Тычков. За непосредственное участие в разработке новых технологических процессов и в освоении серийного производства нового класса блоков Ю.И. Тычкову в 1972 г. было присвоено звание лауреата Государственной премии СССР.

В ходе реконструкции производства и обновления станочного парка постоянно совершенствовались технология и организация производства. Особенно интенсивно развивались электровакуумное, механообрабатывающее производства и др.

В электровакуумном производстве в 1966 г. начинает работать одна из первых в СССР точно-автоматизированная линия, разработанная и внедренная силами ИТР и рабочих завода с участием специалистов НИИВТ. Создание и пуск ее значительно повысили выход годных узлов, улучшилось их качество. Одновременно разрабатывается и внедряется комплекс аппаратуры для программного регулирования температурных режимов на откатных постах, а также аппаратура для автоматизации операций тренировки и испытаний с применением цифровых приборов, разработанных специалистами СКБ завода.

В 1966—1970 гг. происходило внедрение в производство точных заготовок и прогрессивных технологий, осваивались новые для завода изделия микроэлектроники. Для сокращения ручного труда используются автоматическая намотка тороидальных трансформаторов и дросселей на станках типа СНТ, комплекс мероприятий по механизации контрольных операций и контроля параметров изделий. Были внедрены также новые для завода техпроцессы, такие как глубокая вытяжка тонкостенных деталей из сплава Д16, горячая объемная штамповка корпусных деталей из сплавов АК-6 и АМД, литье тонкостенных деталей из поликарбонатных смол.

В 1969—1970 гг. завод освоил производство специзделий, в конструкции которых были применены узлы сильноточной микроэлектро-

ники, так называемые микросхемы гибридные сильноточные (ТМГС).

Задачу достижения высоких темпов роста объемов производства и производительности труда завод решал не только путем реконструкции производства, внедрения новой техники и технологии, но и путем широкого внедрения средств вычислительной техники. Уже в 1968 г. на заводе начинается внедрение автоматизированной системы управления производством (АСУП), в 1969 г. создается самостоятельное подразделение — отдел АСУП (ИВЦ) во главе с Валентином Алексеевичем Кругловым. Основным итогом этого периода явились создание информационного обеспечения, разработка и освоение технологических процессов обработки информации на ИВЦ, эксплуатация большого числа задач в промышленном режиме.



Вячеслав Николаевич Якутик родился 16 марта 1923 г. в Минске. В 1950 г. закончил с отличием Московский авиационный институт по специальности радиоинженера и в том же году курсы повышения квалификации при Московском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана.

После окончания МАИ и МВТУ им. Н.Э. Баумана В.Н. Якутик работал на предприятии п/я 975, где прошел путь от инженера до начальника отдела.

27 мая 1957 г. В.Н. Якутик назначен главным инженером предприятия п/я 32, а с 1 декабря 1965 — директором предприятия. В этой должности он работал до перевода начальником Главного управления №17 31 октября 1975 г.

По инициативе и под непосредственным руководством В.Н. Якутика на предприятии на одном из первых в отрасли была внедрена автоматизированная система управления. В.Н. Якутик — участник Великой Отечественной войны. Награжден медалями «За боевые заслуги» (1945 г.) и «За победу над Германией» (1945 г.), «20 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941—45 гг.»

В.Н. Якутик награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Ленина, медалью «За доблестный труд».

Это автоматизированная информационная система управления качеством (АИСК) на базе карты анализа неисправностей (КАН), автоматизированная система контроля за исполнением мероприятий (АСКИМ), автоматизированная система табельного учета (АСТУ).

В течение 1970—1980 гг. внедрены были новые технологии:

получение сложнопрофильных заготовок корпусных деталей из алюминиевых сплавов методом кристаллизации жидкого металла под давлением с использованием гидропрессов с предварительным вакуумированием металла (жидкая штамповка);

механизированная пайка узлов на печатных платах «волной» расплавленного припоя с использованием поточных линий;

комплекс технологических процессов изготовления многослойных печатных плат, полученных методом открытых контактных площадок с применением сухого пленочного водорастворимого фоторезистора и перфорацией слоев плат на штампах с применением полиуретана;

ультразвуковое обезжиривание и очистка деталей в паробезопасных спецустановках в автоматическом режиме;

технология отмытки узлов на печатных платах после пайки в «кипящих» растворах на спецустановках.

С учетом опыта завода по разработке и внедрению новых технологий, в рамках отрасли в 1978 г. была организована Центральная научно-исследовательская лаборатория специальных технологий (ЦНИЛСТ). Работая в тесном сотрудничестве с более чем 90 НИИ страны, специалисты ЦНИЛСТ в течение 1979—1980 гг. разработали и внедрили на предприятиях отрасли более 120 принципиально новых технологических процессов.

Новый этап научно-технического прогресса в области производства изделий специального назначения наступил в 1979 г., когда по заданию Правительства завод приступил к подготовке производства и серийному выпуску поколений изделий, функционирование которых было основано на физических принципах, отличных от ранее использовавшихся. В этой связи достаточно упомянуть о генераторах, с использованием энергии взрыва, теоретическое обоснование которых осуществил академик А.Д. Сахаров.

В 1975 г. было организовано производство технических средств охраны (ТСО). В 70-е годы в производство внедряются средства автоматизации и механизации, прогрессивные оборудование и технологии с одновременным применением средств вычислительной техни-

ки в целях автоматизации управления технологическими процессами.



Юрий Игоревич Тычков родился 2 января 1930 г. в Москве. В 1951 г. закончил Новосибирский сельскохозяйственный институт, затем в 1955 г. Всесоюзный заочный политехнический институт по специальности «станки и инструмент».

14 марта 1957 г. Ю.И. Тычков был принят на предприятие п/я 32 должность инженера-конструктора. За годы работы на предприятии работал инженером-конструктором, начальником бюро новой техники, заместителем главного технолога, главным технологом предприятия,

директором предприятия с 31.10.75 по 04.10.86 г. Ю.И. Тычков был инициатором и руководителем работ по широкому внедрению систем АСУТП в технологические процессы и средств вычислительной техники в процессы проектирования. 4 октября 1986 г. он переведен на должность заместителя Министра. В его ведение входили проблемы технико-экономических исследований и автоматизации производства.

Ю.И. Тычков имеет ученые степени «кандидата технических наук» (1974 г.) и «доктора экономических наук» (1986 г.).

Ю.И. Тычков — лауреат Государственной премии СССР, награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Ленина, орденом Знак Почета, медалями «За трудовую доблесть», и «За доблестный труд».

К 1980 г. на заводе были разработаны и введены в действие автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) на базе ЭВМ: «Пластмасса», «Термист», «Диэлектрик», «Параметр» (на входном контроле ЭРИ), типовой комплекс технических средств нижнего уровня для включения в АСУТП «Механообработка» пяти станков с ЧПУ типа «Обрабатывающий центр».

Главным направлением технического развития завода в 80-е годы стало дальнейшее внедрение во все сферы производственной деятельности средств вычислительной техники, в том числе микропроцессоров.

В 1982 г. была сдана в эксплуатацию первая очередь поточно-механизированной линии по изготовлению специальных электро-вакуумных приборов — комплекс технологического оборудования с управлением от ЭВМ. С перебазировкой вакуумного цеха в 1983 г. в новый корпус 70 завершилось создание комплексно-

механизированного производства по выпуску данных приборов с внедрением АСУТП «Вакуумщик».

В начале 80-х годов были завершены работы по автоматизации контрольных операций посредством внедрения специализированных систем на базе ТАКТ51. За комплекс работ по внедрению в производство автоматизированных методов и средств контроля параметров изделий главный инженер А.Н. Горб в 1983 г. был удостоен Государственной премии СССР.

В 1981—1985 гг. ведутся работы по внедрению фрагментов гибких автоматизированных систем на основе применения вычислительной техники, робототехники и оборудования с ЧПУ.

С вводом в эксплуатацию специализированного корпуса 40 в 1983 г. организовано производство изделий из пластмасс с замкнутым технологическим циклом изготовления изделий, с оснащением средствами АСУ и АСУТП.

В течение 1980—1986 гг. на заводе в большом объеме велись работы по созданию робототехнических комплексов (РТК):

РТК холодной штамповки корпусных деталей для специальных электро-вакуумных приборов;

РТК окраски деталей на базе импортного робота и сушильноконвейерной печи;

два РТК для снятия пленочного фоторезиста и травления печатных плат;

робототехническая линия прессования резин из шести прессов и транспортного манипулятора собственной разработки;

два автоматизированных склада (ЦКС и склад ЭРИ), в которых работает 15 транспортных манипуляторов собственной разработки;

робототехническая линия выполнения штамповочных операций при изготовлении лыжных креплений в составе четырех промышленных роботов и трех транспортно-подающих устройств, разработанных и изготовленных на заводе;

робототехнический комплекс литья под давлением;

линия «Модуль-Р» в цехе изготовления плат печатного монтажа.

Как результат успешного труда коллектива — награждение завода в 1976 г. орденом Трудового Красного Знамени.



Алексей Николаевич Горб родился 31 декабря 1935 г. в г. Алма-Ата. После окончания Киевского политехнического института по путевке Министерства среднего машиностроения принят 25 сентября 1958 г. на завод мастером механического цеха № 2.

Весь трудовой путь А.Н. Горба связан с судьбой завода, где он прошел следующие ступени: мастер — начальник участка — старший мастер, заместитель начальника цеха — начальник цеха — главный технолог — заместитель директора завода

по производству — главный инженер завода — генеральный директор предприятия «Производственное объединение «Север» с 05.10.86 г. по настоящее время.

А.Н. Горб был непосредственным руководителем внедрения автоматизированных систем ТАКТ-51 для контроля выпускаемой продукции.

А.Н. Горб — «Почетный машиностроитель Российской Федерации». Лауреат Государственной премии СССР; награжден орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда».

В 1979 г. на заводе, как на базовом в отрасли по совершенствованию системы управления качеством, была завершена разработка и внедрение КС У КП. Система была зарегистрирована в отраслевом органе стандартизации за № 1.

Наибольший вклад в разработку и внедрение КС У КП внесли О.В. Куратов, К.Г. Пантин, Ф.Ф. Викторов, А.С. Юрченко. Работы в этом направлении велись под руководством и при непосредственном участии Ю.И. Тычкова, А.Н. Зубцовского, Г.Д. Хроленкова.

К 1985 г. было освоено производство нового изделия, обладающего повышенной стойкостью к воздействующим факторам, что потребовало проведения в кратчайшие сроки переоснащения производства и внедрения новых технологий. К этому же периоду относится и освоение новых типов изделий, работающих на принципах низковольтной техники.

К 1985 г. объем производства возрос в 3,5 раза, производительность труд увеличилась более чем в 2,5 раза. Более 80% роста объема производства было достигнуто вследствие роста производительности труда.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОНВЕРСИИ

При выполнении задания по выпуску изде-

лий оборонного назначения, завод в 1975 г. приступил к освоению и выпуску отдельных видов товаров народного потребления (ТНП). Именно в этот период по инициативе главного инженера Ю.И. Тычкова были начаты работы по разработке и организации производства товаров культурно-бытового назначения (канцелярские товары, спортивный инвентарь и др.).

Авенир Николаевич Зубцовский родился 3 июля 1922 г. в с. Еремеево Верх-Устюжского района Вологодской области.

В 1951 г. закончил Ленинградский политехнический институт. По окончании института работал на предприятии п/я 80 в должности инженера, начальника цеха, начальника отдела КИПиА.

С 31 октября 1957 г. до ухода на заслуженный отдых 3 июля 1987 г. А.Н. Зубцовский работал на предприятии п/я 32 (ПО «Север»), пройдя следующие этапы: начальник электро-технической лаборатории (ЦЗЛ) — начальник конструкторского отдела 9 — первый главный конструктор предприятия.

Как главный конструктор с 05.10.59 по 26.08.86 г. А.Н. Зубцовский внес большой вклад в становление кадров технических специалистов, установление и развитие глубоких и плодотворных связей со специалистами-разработчиками изделий. Участник Великой Отечественной войны, имеет боевые награды: медали «За оборону Ленинграда», «За победу над Германией»; юбилейные медали «20 лет Победы в Великой Отечественной войне»; «30 лет Победы в Великой Отечественной войне».

А.Н. Зубцовский — лауреат Государственной премии СССР; награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда».

Для выбора номенклатуры и разработки документации на ТНП было создано специальное конструкторско-технологическое бюро. Техническое руководство этим направлением осуществлял в то время заместитель главного конструктора В.В. Антипин.

В дальнейшем завод принял активное участие в реализации крупномасштабных программ по организации производства ТНП и товаров промышленно-производственного назначения (ТППН):

дозиметров, в связи с аварией на Чернобыльской АЭС;

систем ЧПУ для управления токарными станками;



пневмораспределителей для молокообрабатывающей промышленности.

В 1987 г. приказом Министра СКТБ поручается разработка и серийное сопровождение элементов гибких производственных систем (систем ЧПУ, лазерных измерительных систем и СВТ) для оснащения предприятий отрасли и машиностроения страны.

В связи с резким падением объемов оборонного заказа с 1994 г. организация производства конверсионной продукции стала особенно актуальной. Вследствие специфики продукции оборонного назначения производственная база ПО «Север» оснащена специализированным технологическим оборудованием, ориентированным на мелкосерийный выпуск спецтехники и мало приспособленным для массового производства гражданской продукции.

С учетом этого стратегия конверсии на ПО «Север» предусматривает решение следующих основных задач.

1. Выбор номенклатуры товаров гражданского назначения, на которые следует переориентировать производство, и определение своей ниши на товарном рынке.

2. Реорганизация производства и переход всех его звеньев от мелкосерийного производства, характерного для выпуска спецтехники, к крупносерийному производству товаров гражданского назначения, обеспечивающему необходимую эффективность производства и конкурентоспособность на рынке.

Проведенные специалистами ПО «Север» маркетинговые исследования, а также материалы изучения спроса учеными СОРАН показали, что применительно к специфике производственно-технической базы предприятия приоритеты по освоению конверсионной продукции должны быть следующими.

1. Оборудование для энергетики.
2. Оснащение для стройиндустрии.
3. Транспортное оборудование.
4. Переработка сельхозпродукции.
5. Бытовая техника.
6. Медицинская техника.
7. Микроэлектроника.
8. Сувенирная продукция.

Исходя из этих приоритетов, на ПО «Север» был сформирован блок конверсионных программ. Всего за период 1994—1995 гг. было рассмотрено около 150 предложений по организации производства конверсионной продукции.

Одобрено около 30 программ, по которым начаты практические работы по их реализации.

Николай Андреевич Силин родился 9 мая 1937 г. в Камень-на-Оби Алтайского края. На заводе работает с 10 декабря 1960 г. токарем механического цеха №2.

Н.А. Силин — Герой Социалистического Труда, награжден орденом Ленина, знаками «Победитель социалистического соревнования» за 1977, 1978, 1979 гг.; ему одному из первых присвоено звание «Ударник коммунистического труда»; его портрет неоднократно заносился на «Аллею Трудовой славы» предприятия.



В настоящее время на ПО «Север» успешно развиваются такие направления:

производство фурнитуры (руководитель А.Ю. Храмов);

электроника для автомобилей (руководитель Г.Н. Грехов);

узлы телевизионной техники (руководитель М.Ф. Бурцев);

коммутационная аппаратура для энергетики (руководитель А.В. Игнатович);

новое поколение нагревательных элементов и приборы на их основе (руководитель С.П. Семенихин).

Основная проблема при реализации конверсионных программ — дефицит средств на их осуществление. Вследствие дефицита средств в связи с резким сокращением оборонного заказа предприятие на реализацию конверсионных программ смогло выделить за 1994—1995 гг. только 1,5 млрд. руб., при потребности 12 млрд. руб.

Существенной финансовой поддержки в регионе, в Министерстве экономики, несмотря на то, что программы были одобрены, получить не удалось.

Существенную поддержку конверсионным программам оказало только руководство Министерства, выделившее для этого в конце 1995 г. валютный кредит в размере 1,8 млн. долл. США, использование которого уже позволило начать практическую реализацию конверсионных программ по выпуску фурнитуры, электротехнического оборудования и некоторых других видов конверсионной продукции.

Перед предприятием стоит важная и сложная задача довести объем производства конверсионной продукции до 80% общего объема производства.



Владимир Михайлович Дьяков родился 21 декабря 1936 г. в Новосибирске. На заводе работает с 21 марта 1963 г. слесарем цеха переработки пластмасс, затем слесарем-сборщиком РЭАиП выпускного цеха № 1. В.М. Дьяков — кавалер орденов «Трудовой славы» трех степеней (1975 г., 1981 г., 1986 г.)

Награжден медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда»; его портрет неоднократно заносился на «Аллею трудовой славы» предприятия; награжден знаками

«Ударник 9-й, 10-й и 11-й пятилеток», «Победитель социалистического соревнования 1972—1980 гг.»



Заводоуправление



Спортивный комплекс



Инженерно-технический корпус



Производственные корпуса

За 40 лет становления и развития завода коллектив успешно решал все поставленные задачи.

За трудовые заслуги около 1500 работников завода награждены орденами и медалями, среди них награждены:

орденом Ленина — 9 человек;

орденом Октябрьской Революции — 9 человек;

орденом Трудового Красного Знамени — 67 человек;

орденом Трудовой Славы I, II или III степеней — 68 человек, а электромонтажник цеха № 1 В.М. Дьяков — кавалер орденов Трудовой Славы трех степеней;

орденом «Знак Почета» — 94;

орденом «За заслуги перед Отечеством» II и IV степеней — 3;

орденом «Знак Почета» — 1;

орденом Дружбы народов — 4.

IV. ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА И ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ

Б. П. Панковский

Среди крупнейших отечественных научно-технических достижений в послевоенное время важное место занимают разработка, создание и освоение в серийном производстве и эксплуатации ядерных энергосиловых установок (ЯЭУ) для подводных лодок и кораблей Военно-морского флота и судов гражданского флота.

В отличие от традиционных судовых (корабельных) силовых установок, работающих на органическом топливе (дизельные, котельные или газотурбинные), ядерный энергоисточник не требует большого количества расходуемого топлива (огромная энергоемкость ядерного топлива позволяет обеспечить работу современного судового реактора на полной мощности на одной загрузке в течение нескольких лет) и кислорода (воздуха). Работающая судовая ЯЭУ не имеет также такого демаскирующего фактора, как выброс дыма или отработавших газов.

Применение на подводных лодках ЯЭУ коренным образом изменило их тактико-технические данные, обеспечив некоторые уникальные качества — практически неограниченную по времени длительность плавания без дозаправки топливом; возможность длительного нахождения под водой без всплытия; многократно увеличенную энерговооруженность; повышенную скорость и скрытность. Такие атомные подводные лодки (АПЛ), снабженные ядерным оружием (торпеды, ракеты, в том числе баллистические), стали основной ударной силой военных флотов стран, обладающих подобным оружием, определив соответствующие изменения военно-политических доктрин этих стран.

Появление мощных атомных ледоколов сделало реальностью круглогодичную навигацию на Северном морском пути, что крайне важно для надежного обеспечения на этой трассе увеличивающихся грузопотоков, освоения Арктики и развития производительных сил Севера.

По масштабности и общей сложности, числу подлежащих решению научных, конструкторских и технологических задач создание первых судовых ЯЭУ можно поставить в один ряд с созданием ядерного оружия, космических систем, реактивной авиации.

Судовая ЯЭУ — самый сложный технический комплекс, включающий помимо реактора, обеспечивающего преобразование энергии ядерного распада в тепло, сложное и ответственное технологическое оборудование — насосы, парогенераторы, системы управления реактором и энергоустановкой, турбину с редуктором, фильтры, теплообменники, компрессоры, арматуру, различные приборы, пульта и т. д.

Собственно реактор должен быть снабжен системой управления тепловыделением активной зоны, т. е. регулированием мощности реактора, включая средства надежного глушения этого процесса; специальными конструкциями и материалами, обеспечивающими эффективную защиту обслуживающего персонала и окружающей среды от ионизирующих излучений активной зоны. Кроме того, для судовой ЯЭУ необходимы отдельная система обеспечения надежного и длительного отвода остаточных тепловыделений активной зоны после «глушения» мощности реактора; система защит и барьеров от распространения радиоактивности при авариях или неисправностях в установке; система контроля за радиационной обстановкой в районе собственно установки и вне ее.

Все оборудование и системы судовой ЯЭУ должны быть функционально и схемно согласованы и компоновочно между собой увязаны с получением при этом минимальных массы и габаритных размеров, с обеспечением высокой надежности, виброударостойкости, ремонтнопригодности и некоторых других качеств установки, необходимых для работы в составе подводной лодки или надводного судна.

Для эксплуатации объектов с судовыми ЯЭУ дополнительно требуются специально оборудованные

дованные базы с береговыми службами и лабораториями; специальные средства и устройства для загрузки свежего и выгрузки отработавшего ядерного топлива, транспортирования топлива; сбора, хранения и переработки образующихся твердых и жидких радиоактивных отходов, различные манипуляторы, телевизионные установки, пробоотборники, сварочные аппараты и т. п.

Поэтому для создания судовых ЯЭУ требовались наличие многоотраслевой промышленности, достаточно развитый научно-исследовательский, конструкторский и технологический потенциал, специалисты по многим отраслям знаний — физике и теплофизике, химии, газо- и гидродинамике, теплотехнике, автоматике, прочности и виброакустике, металлосварке и металлургии, коррозии и водным режимам, технологиям, сварке и т. п.

Например, к созданию первой советской судовой ЯЭУ потребовалось привлечь 38 специализированных НИИ и КБ и 27 заводов (не считая поставщиков готовых изделий и материалов, ранее освоенных в производстве) нескольких министерств и АН СССР.

Не случайно, что к созданию судовых ЯЭУ первоначально смогли приступить лишь самые мощные индустриальные страны — США и СССР. Известно также, что Англия и Франция, создававшие позже собственные АПЛ для своих первых лодок многое из элементов атомных энергоустановок вынуждены были закупать у США или изготавливать по лицензиям.

Сложные и масштабные работы, выполненные в СССР при создании первых судовых ЯЭУ и их последующее серийное производство потребовали больших материально-технических средств и подключения к решению этой проблемы лучших научных, конструкторских и производственных коллективов страны. Это послужило важным побудительным фактором для ускоренного и интенсивного развития многих отраслей науки и промышленности, сопровождающегося повышением культуры постановки новых научных исследований и конструкторских разработок. В судостроении, энергомашиностроении, приборостроении, металлургии это привело к поистине революционным изменениям — было организовано и налажено крупноблочное серийное строительство лодок, серийное производство уникального энергетического оборудования, систем и

приборов для судовых ЯЭУ, созданы новые материалы и технологии, освоено производство крупногабаритных поковок и высококачественных труб широкого ассортимента, разработаны и внедрены ЭВМ и т. п. В итоге Россия, уже начиная с 1958—1960 гг., была в состоянии осуществлять серийное строительство АПЛ и располагала отработанным и налаженным серийным производством всего комплекса оборудования, аппаратуры, приборов и материалов для судовых ЯЭУ.

Необходимо особо отметить, что в США аналогичные работы, начатые значительно раньше, велись в строго засекреченном порядке. Поэтому даже направление работ и исследований, проводимых по судовым ЯЭУ за рубежом, а также наработанные там конкретные конструкторские решения в этой области долгое время оставались для нас неизвестными. Скудная отрывочная информация на этот счет стала поступать, когда СССР уже практически решил данную проблему самостоятельно, своими силами.

В создании судовых ЯЭУ для подводных лодок и кораблей ВМФ Советский Союз поначалу вынужден был догонять США, в области же гражданского атомного судостроения был первым (а/л «Ленин»), и до настоящего времени Россия является единственной страной в мире, широко применяющей ядерные энергоустановки на гражданских судах (ледоколы, лихтеровоз-контейнеровоз).

Создание судовых ЯЭУ на всех этапах осуществлялось под руководством Минатома (бывшие последовательно Первое главное управление, Госкомитет по использованию атомной энергии, Минсредмаш, Минатомэнергопром).

СОЗДАНИЕ ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЯЭУ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ ВМФ

В СССР до 1951 г. практически никаких работ или исследований по судовым ЯЭУ не велось, если не считать выполненных в Московском инженерно-физическом и Московском энергетическом институтах нескольких студенческих дипломных проектов по этой тематике. Такое положение объяснялось двумя причинами: нецелесообразностью отвлечения научных и конструкторских сил в СССР от решения главной в то время задачи — создания

ядерного оружия и отсутствием достоверной информации о проведении подобных работ за рубежом (в США).

Но уже в 1951 г. ситуация изменяется. К этому времени в СССР создана ядерная бомба и успешно проведены ее первые испытания. Вместе с тем начали поступать данные о широкомасштабных работах в США по созданию ЯЭУ для подводной лодки, большой степени готовности сооружаемого с 1949 г. наземного стендового прототипа ядерной установки для подводной лодки в ядерном исследовательском центре «Айдахо» и подготовке к строительству подводной лодки под эту установку на верфи в Гротоне (шт. Коннектикут).

Поступающие данные свидетельствовали о нашем отставании в этой области работ и исследований. Теперь уже по соображениям обороноспособности страны стала очевидна необходимость срочного развертывания соответствующих работ в СССР с приданием им приоритета как фактору обеспечения национальной безопасности.

12 сентября 1952 г. И. В. Сталиным было подписано постановление правительства о создании в СССР атомной подводной лодки. Ранее, до выхода указанного постановления, ответственным за ведение работ по этой проблеме в правительстве был назначен заместитель председателя Совмина СССР В. А. Малышев.

В это время наша страна уже располагала достаточно мощной базой по добыче сырья (урана) и производству ядерного горючего (обогащенного урана, плутония); специальными ядерными научными и исследовательскими центрами, конструкторскими и проектными организациями с квалифицированными кадрами ученых, исследователей и конструкторов; опытом проектирования, сооружения и эксплуатации нескольких исследовательских и промышленных реакторов и оборудования для них.

Существенный прогресс был также достигнут в области реакторных технологий, производстве специальных сталей и сплавов, выполнены важные исследования по физике, теплотехнике, гидродинамике, регулированию, автоматике и в некоторых других отраслях науки и техники.

В 1951 г. в Москве в Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН, позднее Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, ныне Российский научный центр

«Курчатовский институт») под руководством А. П. Александрова были начаты расчеты и физические исследования по разработке компактного водо-водяного реактора корпусного типа для энергоустановки подводной лодки. Основная идея физической и конструктивной схемы такого реактора (корпусной, на тепловых нейтронах, с водой под давлением, с канальной структурой и одним тяжелым органом компенсации реактивности) была предложена профессором ЛИПАН С. М. Файнбергом.

Одновременно аналогичные расчеты и исследования по реактору канального типа с твердым замедлителем (бериллий, оксид бериллия) и водяным теплоносителем были начаты под руководством Д. И. Блохинцева в Лаборатории «В» МВД СССР (ныне Государственный научный центр РФ — Физико-энергетический институт, г. Обнинск Калужской обл.).

Конструкторские разработки обоих вариантов выполнялись под руководством Н. А. Доллежала в НИИХИММАШ Минмашприбора (г. Москва).

В это же время в Лаборатории «В» под руководством А. И. Лейпунского совместно с ОКБ «Гидропресс» Минэнерготяжмаша (ныне ОКБ «Гидропресс» Минатома, г. Подольск Московской обл.) были организованы работы по исследованию эвтектического сплава свинец—висмут в качестве теплоносителя и начаты расчеты и исследования по разработке судового реактора на промежуточных нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем.

Таким образом, к середине 1952 г. принципиальная научная сторона проблемы создания компактного судового реактора была проработана в нескольких вариантах и направлениях, появились первые обнадеживающие результаты.

С учетом сложности будущей корабельной ЯЭУ стало очевидным, что до применения подобных установок на подводных лодках необходимо создать и проверить первый образец установки на специальном наземном стенде, воспроизводящем полный состав оборудования и компоновку установки в размерах отсека будущей АПЛ. Кстати, аналогичная последовательность работ при создании первой ЯЭУ для подводной лодки, т. е., начиная с сооружения наземного стенда, была принята в США, а впоследствии воспроизведена в Англии и Франции.



А. П. Александров,
научный руководитель
разработки первой
отечественной АПЛ и ЯЭУ

Местом сооружения наземного натурального стенда первой судовой ЯЭУ в СССР была выбрана Лаборатория «В». Одновременно был назначен завод-строитель опытной АПЛ — завод № 402 (Севмашпредприятие) Минсудпрома (г. Молотовск Архангельской обл., с 1958 г. г. Северодвинск).

В. А. Малышев поручил Первому главному управлению (ПГУ) подготовить специальное постановление

правительства с целью определить ведомство и предприятия, ответственные за разработку проектов АПЛ и ЯЭУ, назначить научного руководителя и главных конструкторов лодки и атомной установки, установить сроки первых этапов работ.

Предвидя новизну и необычность многих конструкторских идей и решений в проектах АПЛ и ЯЭУ, В. А. Малышев счел необходимым:

при создании атомной подводной лодки и энергоустановки для нее предоставить научному руководителю и главным конструкторам лодки и установки право окончательного решения по всякого рода отступлениям, несоответствию действующим в то время нормативам, правилам и т.п. в машиностроении, судостроении и на ВМФ;

отойти от традиционной схемы ведения работ, когда заказчиком нового проекта выступал ВМФ, а разработчиком и создателем изделия (лодки) являлся Минсудпром, так как подобная схема неизбежно связала бы инициативу конструкторов, удлинила процесс проектирования сложными согласованиями и в итоге это отрицательно сказалось бы на качестве проекта и его сроках.

По решению В. А. Малышева ответственность за создание опытной АПЛ и ЯЭУ была возложена не на Минсудпром, а на ПГУ; узкому кругу специалистов ВМФ была предоставлена лишь возможность наблюдения за проектом (без его согласования).



В. Н. Перегудов,
главный конструктор
первой отечественной АПЛ



Н. А. Доллежалъ,
главный конструктор АЭУ
для первой отечественной
АПЛ

Соответственно через ПГУ велось и финансирование всех работ по созданию опытной АПЛ — проектирования лодки и энергоустановки, сооружения наземных стендов, постройки специального цеха на судостроительном заводе и строительства собственно лодки, включая ее испытания.

Было также решено осуществить разработку проектов первой атомной подводной лодки и энергоустановки в строго секретном режиме. Не подлежали разглашению наименования, ведомственная принадлежность и дислокация предприятий-разработчиков АПЛ и энергоустановки, место сооружения наземных стендов, завода-строителя АПЛ. В переписке и проектных материалах будущую первую атомную подводную лодку было принято именовать «объект 627», а наземную стендовую ядерную энергоустановку — стенд «27/ВМ».

12 июля 1952 г. Б. Л. Ванников, В. А. Малышев, А. П. Завенягин, Н. И. Павлов и Б. С. Поздняков направили в правительство проект постановления, в котором, в частности, предусматривалось возложение на ПГУ ответственности за организацию и ведение работ по проектированию опытной АПЛ (пр. 627); создание при ПГУ специального конструкторского института по разработке реакторных установок; организация при ПГУ специальной секции НТС (№ 8) по данной проблеме; назначение научным руководителем разработки проекта подводной лодки и ядерной установки А. П. Александрова, главным конструктором опытной подводной лодки В. Н. Перегудова,

главным конструктором энергоустановки Н. А. Доллежаля. Вскоре правительство приняло соответствующее постановление. Из НИИХИММАШ были выделены несколько подразделений, на базе которых организовали специальный научно-исследовательский и конструкторский институт — НИИ-8 (ныне НИКИЭТ — Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники Минатома, Москва).

Возложение на А.П. Александрова обязанностей научного руководителя проекта создания первой отечественной АПЛ и ядерной энергоустановки для нее было оптимальным. А.П. Александров не только обладал большим опытом и авторитетом, широтой и глубиной научных и инженерных знаний и интересов и огромным личным обаянием, но и хорошо знал проблемы Военно-морского флота, его людей и задачи перспективного развития флота.

Назначение В.Н. Перегудова и Н.А. Доллежали соответственно главными конструкторами опытной АПЛ и ЯЭУ для нее также оказалось очень удачным, ибо они как многоопытные конструкторы высшего класса обладали такими важными качествами, как масштабное видение предстоящих работ во всей их сложности, смелость в принятии нетрадиционных конструкторских решений и способность создать вокруг себя творческую атмосферу в коллективах конструкторов и исследователей, привлеченных к решению данной проблемы, что позволяло им разрешать и увязывать сложнейшие вопросы конструирования АПЛ и ЯЭУ.

Несмотря на секретность и закрытость своей прежней деятельности, А.П. Александров, В.Н. Перегудов и Н.А. Доллежаля были достаточно известны и авторитетны в отечественных научных и инженерных кругах, что давало им возможность, используя часто личные связи, привлекать к тем или иным работам при создании первой АПЛ различные НИИ, КБ, заводы и даже отдельных специалистов предприятий.

По инициативе В.А. Малышева в Москве в августе 1952 г. в здании ПГУ на Рязанской улице состоялась первая встреча руководства предприятий — проектантов подводной лодки и ядерной энергоустановки — Ленинградского СКБ-143 (начальник и главный конструктор В.Н. Перегудов) и Московского НИИХИМ-

МАШ (директор и главный конструктор Н.А. Доллежаля).

На встрече, помимо личного знакомства и посвящения в задачу и содержание предстоящих работ, было решено для выработки основных подходов и положений будущих проектов лодки и энергоустановки прикомандировать в НИИХИММАШ группу ведущих конструкторов в составе 6—8 человек из СКБ-143 во главе с В.Н. Перегудовым и из СКБК во главе с главным конструктором Г. А. Гасановым.

НИИХИММАШ, входивший в Минмашприбор, в то время был ведущей конструкторской организацией по разработке промышленных реакторов (для наработки оружейного плутония); в институте также завершалась разработка проекта реактора для первой в мире атомной электростанции (объект «АМ» в Лаботории «В», г. Обнинск).

СКБ-143 являлось специализированным конструкторским бюро Минсудпрома по проектированию подводных лодок и энергосиловых установок с парогазовым циклом.

СКБК — головное конструкторское бюро Минсудпрома по разработке судовых котельных установок.

Секция № 8 НТС ПГУ, регулярно работавшая под председательством В.А. Малышева с сентября 1952 г., уже в конце сентября 1952 г. утвердила предварительное ТЗ на разработку энергоустановки и отправные технические требования на разработку объекта пр. 627.

К ноябрю 1952 г. НИИХИММАШ совместно с СКБ-143 сформулировал основные положения по проектированию ЯЭУ для подводной лодки — количество и мощность реакторов и турбин, размеры отсеков для размещения ЯЭУ, требования по радиационной обстановке, способы регулирования реактором, требования к активной зоне реактора и т. п. Эти положения 27 ноября 1952 г. были одобрены секцией № 8 НТС ПГУ.

20 ноября 1952 г. по сообщению А.И. Лейпунского секция № 8 НТС ПГУ поддержала предложение о разработке для объекта пр. 627 варианта энергоустановки с реактором на жидкометаллическом теплоносителе.

25 ноября 1952 г. правительство приняло дополнительное постановление, определившее план работ на период с ноября 1952 г. по март 1953 г. по проектированию объекта пр. 627.

Реакторную установку должны были разрабатывать в трех вариантах:

по типу реактора первой АЭС, т.е. канального типа с твердым замедлителем (исполнители НИИХИММАШ и Лаборатория «В»);

с жидкометаллическим теплоносителем (исполнители ОКБ «Гидропресс» и Лаборатория «В»);

водо-водяного типа (исполнители НИИХИММАШ и ЛИПАН).

Постановление возлагало разработку твэлов для реактора на НИИ-9 ПГУ (ныне Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов Минатома, г. Москва), насосов первого контура и отсека с главной турбинной установкой на конструкторские бюро ленинградского Кировского завода (ЛКЗ) Миноборонпрома, парогенераторов на СКБК Минсудпрома, системы управления и защиты реактора на ОКБ-12 Минавиапрома. НИИ и КБ Минхиммаша и Минэнерготяжмаша должны были выполнить варианты разработки насосов первого контура и парогенератора. Разработку всего силового оборудования поручали заводу «Электросила» Минэлектротехпрома. Разработка технологии и изготовления тонкостенных труб для твэлов возлагалась на Украинский трубный институт Минчермета. Для создания наземных натуральных стендов ЯЭУ ГСПИ-11 МВД (ныне Всероссийский проектный и научно-исследовательский институт комплексной энергетической технологии Минатома, г. Санкт-Петербург) должен был разработать в апреле 1953 г. проектное задание на сооружение таких стендов.

Согласно выработанным основным положениям и требованиям к проектированию опытной АПЛ пр. 627 она должна быть двухвальной (мощностью на валах $2 \times 17,5$ тыс. л. с.), с двухреакторной паропроизводящей установкой (ППУ) и с двумя главными турбинами (мощностью $2 \times 19,5$ тыс. л. с.). Схема главной энергетической установки АПЛ должна была обеспечивать работу каждого из реакторов на любую главную турбину. Для выработки электроэнергии для собственных нужд АПЛ предназначены два генератора постоянного тока электрической мощностью по 2000 кВт. Каждая ППУ при тепловой мощности реактора 70 МВт должна была вырабатывать 90 т пара в час. Ресурс работы всего оборудования не менее 4500 ч. В качестве материала оболочек твэ-

лов была выбрана нержавеющая сталь. Активная зона реактора должна быть разработана с энергозапасом, обеспечивающим работу реактора на полной мощности в течение 1500 ч.

Для размещения обеих ППУ (реакторы с механизмами управления, парогенераторы, циркуляционные насосы первого контура с токопреобразователями, компенсаторы объема расширения теплоносителя, фильтры, холодильники, фундаментные конструкции, трубопроводы, арматура, приборы) отводился отсек диаметром 6,8 м и длиной 12 м. В этом же отсеке для обеих ППУ предусматривалась радиационная биологическая защита от ионизирующих излучений активных зон реакторов, теплоносителя и конструкций установок с тем, чтобы реакторный отсек можно было посещать и обслуживать даже при работе реакторов на полной мощности.

Для ППУ требовалось обосновать и обеспечить абсолютную герметичность систем первого контура, надежность всех механизмов и оборудования в условиях радиации, возможных вибраций и ударных нагрузок, эффективность биологической защиты, компенсацию температурных расширений трубопроводов, рабочих сред и т. п.

Насколько сложной в инженерно-конструкторском плане была задача создания ППУ для подводной лодки видно из следующего сравнения. Реактор с биологической защитой первой АЭС занимал объем в 1568 м³ при тепловой мощности 30 МВт. Для АПЛ в отсеке объемом 435 м³ требовалось разместить две ППУ тепловой мощностью 140 МВт. Иначе говоря для АПЛ необходимо было добиться улучшения удельного объемного показателя (м³/МВт) почти в 17 раз.

В связи с этим первый отечественный проект ППУ для АПЛ включал совершенно необычные схемные компоновочные и конструктивные решения:

теплонапряженная активная зона реактора (на тепловых нейтронах с умеренным обогащением по урану-235);

корпус реактора кованный из толстостенной высокопрочной углеродистой стали, с тонкостенным из нержавеющей стали «чулком», размещенным изнутри в качестве антикоррозионной защиты;

прямоточные парогенераторы;

бессальниковые электронасосы и арматура;

широкое применение для оборудования не-ржавеющей стали;

компоновка ППУ, использующая оборудо-вание и несущие фундаментные конструкции в качестве теневой биологической защиты от излучения реакторов;

самокомпенсация температурных расшире-ний трубопроводов первого контура;

четкое разделение всего объема реакторного отсека на обслуживаемые и необитаемые по-мещения и т. п.

Конструкцию первых твэлов для активной зоны реактора первой судовой ЯЭУ, техноло-гию изготовления твэлов и необходимых для твэлов новых материалов разрабатывали в НИИ-9 под руководством академика А.А. Боч-вара с начала 1953 г. в специально созданной лаборатории А.Г. Самойлова. Было рассмотре-но более 10 типов различных конструкций твэ-лов и топливной композиции, из которых вы-бран цилиндрический твэл — трубка диаме-тром 5—6 мм, а в качестве топливной компози-ции — диоксид урана, обладающий стойко-стью к высоким температурам, нейтронному облучению и антикоррозионными свойствами по отношению к воде. Первые 9 штук твэлов в виде цилиндрических стержней (стальная трубка длиной 200 мм, заполненная топливной композицией) в 1954 г. были помещены для проверки в петлю работающего реактора «МР» (ЛИПАН).

Были использованы две технологии изгото-вления твэлов для реакторов стенда 27/ВМ и АПЛ: с топливной композицией, засыпаемой в трубку в виде порошка с пропиткой его эвтек-тикой свинец-висмут (предложение НИИ-9), и с топливной композицией в виде цилиндри-ческих таблеток, помещаемых в трубку (пред-ложение ИАЭ):

Впоследствии в реакторах стенда 27/ВМ и на АПЛ первого поколения применяли более совершенные разработанные НИИ-9 твэлы — стержневого и кольцевого типа с топливной композицией на основе сплава уран-кремний-алюминий, рассчитанные на большую кампа-нию активной зоны. За создание подобных твэлов сотрудникам института в 1964 г. была присуждена Ленинская премия.

Необычной и сложной задачей при созда-нии первой АПЛ было обеспечение необходи-мой биологической защиты обслуживающего персонала и внешней среды от работающих

ППУ. В качестве материалов биологической защиты применили различные сочетания свинца, воды, железа и водожелезных кон-струкций, карбида бора, карборита (специально созданного материала на основе графита и карбида бора). Были также эффективно реали-зованы принцип теневой защиты (при кото-ром защита обеспечивается в наиболее важных направлениях), а также такие компоновочные решения размещения оборудования ППУ в от-секе, когда оборудование, находящееся снару-жи реакторов (фундаментные конструкции, настилы, парогенераторы, баллоны компен-саторов объема) одновременно выполняло роль биологической защиты.

Для исследований и проверки эффектив-ности применяемых материалов (и их сочетаний) для биологической защиты ППУ АПЛ по ре-шению, принятому в начале 1953 г. И.В. Кур-чатовым, в ЛИПАН к середине 1954 г. была сооружена специальная установка при реакто-ре ВВР-2. В последующем все важнейшие на-правления защиты и эффективность биологи-ческой защиты ЯЭУ в целом были проверены на стенде 27/ВМ и непосредственно при ис-пытаниях на опытной АПЛ пр.627.

Исключительно сложной инженерно-конст-рукторской задачей было создание герметич-ных бессальниковых насосов для системы пер-вого контура судовой ЯЭУ. По поручению В.А. Малышева работы над такими насосами были начаты в конце 1952 г. в ОКБ ЛКЗ под руководством Н.М. Синева. Подчеркивая важ-ность и сложность этой задачи, В.М. Малышев говорил: «...не будет герметичного насоса — не будет атомной подводной лодки». В течение 1953—1954 гг. в ОКБ ЛКЗ вели интенсивные работы как по созданию конструкции насоса, так и по подбору и созданию радиационно-стойких подшипниковых материалов, не тре-бующих масляной смазки. Разработанная кон-структивная схема насоса с электроприводом (в виде асинхронного электродвигателя трех-фазного переменного тока с короткозамкну-тым ротором, скомпонованным в едином бло-ке с насосом) была рассмотрена А.П. Алексан-дровым и Н.А. Доллежалем и одобрена к испол-нению. Из проверенных более 80 различных подшипниковых пар была выбрана радиаци-онно-стойкая пресс-масса К-4 (на основе гра-фита, бакелитового лака и касторового масла, спеченных со слюдой), подтвердившая дли-

тельную работоспособность в воде при температуре до 250 °С и давлении до 200 атм. В 1954 г. был создан первый опытный электронасос подобного типа, на базе испытаний и отработки которого затем были изготовлены насосы для стенда 27/ВМ, опытной АПЛ и серийных АПЛ первого поколения.

Электронасосный агрегат подобного типа весил свыше 5 т и имел электродвигатель мощностью более 250 кВт. О важности и сложности создания герметичных электронасосов первого контура для судовых ЯЭУ свидетельствует присуждение разработчикам в 1965 г. за успешное решение этой проблемы Ленинской премии.

Необычно и оригинально конструкторское решение парогенератора для первой судовой ЯЭУ. Разработчиком парогенератора (СКБК Минсудпрома, главный конструктор Г. А. Гасанов) была сконструирована очень компактная конструкция камеры с многозаходной змеевиковой трубной системой и прямоточной схемой генерации пара. К каждому реактору с помощью системы трубопроводов подсоединяли по 8 параллельно работающих камер, размещаемых под свинцовыми настилами вдоль бортов отсека ППУ АПЛ.

Применение в парогенераторе в качестве материала трубочки нержавеющей стали типа 1Х18Н9Т (как выяснилось впоследствии склонной в напряженном состоянии и в присутствии хлоридов к межкристаллитной коррозии) и отсутствие в системе второго контура средств глубокого обессоливания и обескислороживания питательной воды вызывали на опытной и первых серийных АПЛ частые межконтурные неплотности в трубных системах камер парогенератора, требовавших их отключения и замены. На ЯЭУ стенда 27/ВМ этот дефект не проявлялся вследствие лучшей водоподготовки и отсутствия близости морской воды (хлориды). Лишь после отладки водных режимов в контурах и перехода на коррозионно-стойкие материалы (титановые сплавы, углеродистая сталь) для трубных систем этот недостаток был устранен. Успешное решение проблемы создания надежных парогенераторов для судовых ЯЭУ отмечено в 1968 г. присуждением Государственной премии СССР.

Для первой ЯЭУ были разработаны новые герметичные малоинерционные датчики для контрольно-измерительных приборов (изме-

рителей расхода, температуры, давления, ультразвукового уровнемера и т. п.), приспособленные в условиях радиации к работе в воде первого контура с давлением до 200 ат и температуре до 350 °С.

В 1955 г. были закончены и утверждены технические проекты ППУ для наземного стенда 27/ВМ и опытной АПЛ пр. 627.

Для проверки размещения и собираемости всего оборудования в отсеке ППУ, возможности доступа для обслуживания или для демонтажа отдельного оборудования ППУ, на территории НИИХИММАШ был построен натуральный деревянный макет отсека АПЛ с размещением в нем деревянных макетов всего оборудования одной ППУ (один борт). В январе 1955 г. специальная макетная комиссия под председательством контр-адмирала А.Е. Орла проверила и приняла указанный макет, после чего было разрешено монтировать поступающее оборудование ППУ на стенде 27/ВМ в г. Обнинске.

Отдельный деревянный натуральный макет был построен также на Балтийском заводе для проверки компоновки и условий монтажа камер парогенератора в отсеке ППУ.

Параллельно со строительством стенда на машиностроительных заводах было начато изготовление оборудования ППУ (один комплект для стенда и два комплекта для опытной АПЛ). Основным заводом-изготовителем оборудования реакторной установки был назначен Горьковский завод № 92 (ныне Нижегородский машиностроительный завод Минобороны). К разработке рабочих чертежей и сопровождению изготовления оборудования на завод № 92 были прикомандированы бригады конструкторов НИИ-8 и ОКБ-12. Рабочие чертежи оборудования ППУ для стенда 27/ВМ и АПЛ разрабатывали в ОКБ завода № 92 под руководством Ю.Н. Кошкина.

Монтаж стенда 27/ВМ в специально построенном здании в Лаборатории «В» был закончен к марту 1956 г. Собственно отсеки и фундаментные конструкции стенда изготавливал и монтировал будущий завод-строитель опытной АПЛ, монтаж оборудования на стенде 27/ВМ выполняли специалисты монтажной конторы Спецхиммонтажа Минмашприбора.

Первый физический пуск реактора на стенде 27/ВМ с выходом на мощность 0,3% (минимально контролируемый уровень) был осуществ-

влен 8 марта 1956 г. Эта дата считается датой рождения отечественной судовой ядерной энергетики. В марте 1996 г. в связи с 40-летней годовщиной пуска стенда 27/ВМ и в рамках мероприятий, посвященных 300-летию российского флота, в ФЭИ было проведено специальное заседание Ученого совета с участием ветеранов-участников создания стенда; на здании стенда была установлена памятная доска.

Первый пар на энергоустановке стенда 27/ВМ был получен в начале апреля 1956 г. первые обороты турбины — 21 апреля 1956 г. К июню 1956 г. мощность реактора была доведена до 25%, а к сентябрю до 68%.

Интересно отметить, что в России решение проблемы создания первой судовой ЯЭУ (до ввода в строй стенда 27/ВМ) заняло менее 3,5 лет; на аналогичный цикл работ и исследований американцам потребовалось почти вдвое больше времени.

В начале эксплуатации ЯЭУ стенда 27/ВМ наблюдалось большое число течей по сварным швам трубопроводов первого контура, выходил из строя циркуляционный насос, заедали органы управления реактором. В конце 1956 г. работа стенда 27/ВМ была приостановлена до середины мая 1957 г. для перезарядки активной зоны (из-за массовых разрушений твэлов) и для устранения большого числа неисправностей и выявленных дефектов монтажа.

По результатам начального периода эксплуатации стенда 27/ВМ были внесены следующие изменения в системы и конструкции реакторной установки: гидравлические приводы стержней аварийной защиты реактора заменены электромеханическими (с тросиковыми тягами);

перфорированная крышка реактора заменена глухой (при этом технологические каналы искорочены);

исключена система импульсных трубок для проверки целостности оболочек твэлов замером активности воды в каждом технологическом канале активной зоны;

конструкция трубчатой компенсирующей решетки в реакторе заменена листовой;

в баллонах компенсаторов объема воздух заменен аргоном, а затем гелием, а сильфоны, отделяющие воду от газового объема, заменены меевиками (впоследствии прямыми трубами);

исключены бессальниковые затворы на вса-



г. Обнинск. Здание, где были размещены натурные стенды 27/ВМ и 27/ВТ

се главного и вспомогательного насосов первого контура.

Вместе с тем стенд 27/ВМ убедительно подтвердил, что никаких принципиальных схемных или конструктивных просчетов созданная первая отечественная ЯЭУ для подводной лодки не имела, что позволило уверенно продолжать начатое ранее строительство опытной, а затем и серийных АПЛ. Все негативно проявившиеся на стенде 27/ВМ явления оперативно анализировали с внесением необходимых изменений в системы и оборудование ЯЭУ, поступающие на строящуюся опытную АПЛ.

В мае 1957 г. стенд 27/ВМ был вновь введен в строй, испытания и исследования продолжались на нем во второй кампании до января 1961 г. Третья кампания стенда 27/ВМ была начата в мае 1961 г. после замены в реакторе его выемной части и активной зоны. В ходе третьей кампании (3 августа 1962 г.) на стенде 27/ВМ впервые была достигнута номинальная мощность 70 МВт.

В конце четвертой кампании стенда 27/ВМ в декабре 1965 г. в системе первого контура появилась небольшая течь. После вывода из действия энергоустановки, расхолаживания реактора и выгрузки из него активной зоны и выемной части, было установлено, что негерметичность контура обусловлена трещиной, образовавшейся вследствие усталостных напряжений в антикоррозионной нержавеющей рубашке внутри корпуса реактора. Такой дефект в будущем мог проявиться и на других подобных реакторах. По технологии, разработанной НИИ-8, в сентябре — октябре 1966 г.

был произведен ремонт рубашки корпуса реактора стенда 27/ВМ. Надежность и эффективность этой технологии позволили, не прекращая эксплуатации реакторов на АПЛ первого поколения во время плановых перезарядок активных зон произвести подобный профилактический ремонт на всех реакторах.

Стенд 27/ВМ длительное время служил основной базой отработки оборудования реакторных установок АПЛ первого поколения и проверки и ресурсных испытаний новых типов активных зон и ТВЭЛов для различных судовых реакторов. В течение долгого времени (до ввода учебных центров ВМФ в Палдиски и в Соновом Бору) стенд 27/ВМ был также местом подготовки и стажировки экипажей будущих АПЛ и сдаточных команд заводов-строителей АПЛ. Стенд 27/ВМ, эксплуатировавшийся до середины 1986 г., отработал семь кампаний и был выведен из эксплуатации как морально устаревший и полностью выполнивший свое предназначение.

ПЕРВАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ АПЛ И АПЛ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В сентябре 1955 г. на судозаводе в г. Северодвинске в специально построенном цехе была заложена первая отечественная опытная АПЛ (пр. 627 зав. № 254*), проект которой был разработан СКБ-43. В октябре 1956 г. был начат монтаж оборудования ЯЭУ в отсеках АПЛ.

С этого времени и до окончания постройки опытной АПЛ на заводе постоянно находилась бригада конструкторов НИИ-8 во главе с Б.П. Папковским. О всем выявленном в ходе монтажа ППУ на стенде 27/ВМ и при эксплуатации этого стенда оперативно сообщалось на судозавод, где вносились соответствующие изменения в конструкции, схемы и документацию ППУ опытной АПЛ.

При монтаже ППУ на АПЛ качество и плотность всех сварных соединений системы первого контура контролировали с помощью рентгеновского просвечивания; была предусмотрена проверка всего оборудования, трубопроводов и всех разъемных соединений в первом контуре на гелиевую плотность, исключе-

ны все теплоизоляционные материалы, содержащие в своем составе хлориды и т. п. Несмотря на то что эти дополнения и изменения увеличили сроки монтажных работ на корабле, эффект от них с лихвой окупился в дальнейшем при испытаниях и эксплуатации АПЛ.

Опытная АПЛ пр. 627 была спущена на воду 9 августа 1957 г. для последующей достройки ее на плаву. 13—14 сентября 1957 г. были произведены первые физические пуски активных зон реакторов с выходом на минимально контролируемый уровень мощности. С сентября 1957 г. по апрель 1958 г. были отлажены все системы и контуры ЯЭУ, с помощью постороннего источника пара на лодке были проведены испытания и налажены паротурбинные установки.

С 19 мая по 5 июня 1958 г. специально назначенная Межведомственная комиссия под председательством Н. А. Николаева (Минсредмаш) успешно провела комплексные швартовные испытания ЯЭУ лодки с выходом на мощность реакторов до 60% номинальной (это ограничивалось условиями швартовки лодки и тем, что на стенде 27/ВМ работа реактора на мощности более 60% еще не была освоена).

С 3 июля по 1 декабря 1958 г. опытная АПЛ пр. 627 проходила Государственные ходовые испытания в Белом море с приемкой их Правительственной комиссией (председатель вице-адмирал В.Н. Иванов). В испытаниях опытной АПЛ принимали непосредственное участие в качестве членов Правительственной комиссии А.П. Александров, В.Н. Перегудов, Н.А. Доллежал, Н.А. Николаев, Г.А. Гладков (ИАЭ), П.А. Деленс (НИИ-8), Ю.Н. Кошкин (ОКБ завода № 92). По окончании испытаний, несмотря на возражения представителей ВМФ — членов Правительственной комиссии (они считали, что АПЛ недоработана), ЦК КПСС и СМ СССР 17 января 1959 г. утвердили Акт Правительственной комиссии и опытная АПЛ была передана в состав ВМФ для опытной эксплуатации.

В 1959 г. создание первой отечественной опытной АПЛ и ЯЭУ для нее было отмечено Ленинской премией (20 человек во главе с А.П. Александровым), главный конструктор АПЛ В.Н. Перегудов был удостоен звания Героя Социалистического Труда, командир АПЛ Л.Г. Осипенко — звания Героя Советского Союза. Большое число рабочих, ИТР и ученых

* Опытная АПЛ имела бортовой номер «К-3»; в 1962 г. лодке присвоено наименование «Ленинский комсомол».

Таблица 1. АПЛ первого поколения

Проект АПЛ с установками ВМ-А	Завод-строитель АПЛ	Год сдачи первой АПЛ	Год сдачи последней АПЛ	Число построенных АПЛ
627А (торпедная)	Севмашпредприятие	1958	1964	13
658 (ракетная)	Севмашпредприятие	1960	1962	8
659 (крылатые ракеты)	ЗЛК	1961	1963	5
675 (крылатые ракеты)	Севмашпредприятие	1962	1966	16
	ЗЛК	1962	1968	13

НИИ и КБ и нескольких заводов были отмечены правительственными наградами, в том числе награжден орденом Ленина Н.А. Доллежал. За разработку проекта ядерной энергоустановки для первой АПЛ НИИ-8 был награжден орденом Ленина.

По плану опытной эксплуатации уже в 1959 г. лодка совершила три похода длительностью 9, 22 и 14 сут, освоив мощность реакторов до 80% номинальной.

Опытная АПЛ пр. 627 в июле 1962 г. совершила подледный поход к Северному полюсу и впервые в отечественной практике достигла эту цель, за что весь экипаж АПЛ был отмечен правительственными наградами, а трое участников похода были удостоены звания Героя Советского Союза.

Тем временем, в стране уже к концу 1957 г. было налажено серийное изготовление оборудования ППУ для АПЛ первого поколения. В ЦКБ-18 (г. Ленинград) было начато проектирование АПЛ пр. 658 и 659 и позднее пр. 675. На Севмашпредприятии в г. Северодвинске было развернуто строительство АПЛ пр. 627А, 658 и 675. К строительству АПЛ был подключен судозавод им. Ленинского комсомола (ЗЛК) в г. Комсомольске-на-Амуре (АПЛ пр. 659 и 675).

Всего обоими заводами было построено 55 АПЛ первого поколения четырех различных проектов (пр. 627А, 658, 659, 675) с унифицированными реакторными установками (ВМ-А), различающихся в основном вооружением (торпеды, крылатые ракеты, стратегические ракеты).

Поначалу эксплуатация АПЛ и установок ВМ-А проходила очень сложно — АПЛ часто возвращались на базу с вышедшим из строя отдельным оборудованием (парогенераторами, насосами, холодильниками, арматурой, электрооборудованием, приборами теплоконтроля и т. п.); личному составу не доставало опыта сво-

ими силами оперативно локализовать или устранять эти неисправности и отказы, имелись претензии к эксплуатационной документации.

Командование Северного флота начало высказывать мнение, что ядерная энергетика на подводных лодках не приживется, что она очень сложная и вообще нужна ли? Официальные доклады на этот счет стали поступать в Москву к руководству ВМФ, в правительство, в ЦК КПСС.

Для квалифицированной и авторитетной оценки качества и уровня надежности созданных АПЛ и ЯЭУ была организована специальная Комиссия во главе с начальником Управления кораблестроения ВМФ (вице-адмирал Г.Ф. Козьмин), включающая главных конструкторов АПЛ, ЯЭУ, важнейших комплектующих комплексов и руководителей практически всех заказывающих и эксплуатирующих управлений ВМФ.

Комиссии была выделена новая АПЛ (пр. 658 зав. № 902), на которой она должна была совершить двухнедельный поход и дать свое заключение и оценку АПЛ в целом и всей использованной на АПЛ новой технике.

Такой поход в район о. Гренландия и обратно был совершен с 7 по 19 марта 1961 г. Во второй половине похода на лодке пришлось последовательно вывести из действия обе ППУ (из-за течей холодильников главных циркуляционных насосов первого контура) и АПЛ возвращалась на базу в течение последних нескольких часов в надводном положении «под дизелями». Несмотря на это, Комиссия по возвращении из похода оформила и единогласно подписала акт с выводами, что АПЛ в целом и ЯЭУ спроектированы правильно, надежность их может быть доведена до требуемого уровня, и что осуществляемая программа серийного строительства АПЛ должна быть продолжена. Случившиеся отказы холодильников Комиссия квалифицировала как недостаток конструкции холодильни-

Таблица 2. Атомные программы различных стран

Страна	Взрыв первой ядерной бомбы	Начало НИОКР по созданию ЯЭУ для подводной лодки	Начало и окончание сооружения натурального стенда ЯЭУ, его местонахождение	Начало и окончание постройки первой АПЛ
США	Июль 1945 г.	1946	1949 г. — март 1953 г. Айдахо	Июнь 1952 г. — сентябрь 1954 г.
СССР	Август 1949 г.	1952	1953 г. — март 1956 г. г. Обнинск	Сентябрь 1955 г. — апрель 1958 г.
Великобритания	Октябрь 1952 г.	1954	1960 г. — 1964 г. Даунри	1959 г. — апрель 1963 г.
Франция	Февраль 1960 г.	1958	1960 г. — 1964 г. Кадараш	1964 г. — декабрь 1971 г.

ка и их некачественное изготовление (что впоследствии подтвердилось).

Данный акт и выводы указанной авторитетной Комиссии сыграли исключительную роль для дальнейшего развития военно-морского атомного флота России. Никогда и никем больше не ставилась под сомнение перспективность ядерной энергетики для подводных лодок и надводных кораблей ВМФ.

В июле 1964 г. после специально проведенных комиссионных испытаний (на АПЛ пр. 675 зав. № 533) было разрешено использовать на АПЛ первого поколения всех проектов полную номинальную мощность реакторных установок ВМ-А (2×70 МВт). Интересно отметить, что даже до снятия этого ограничения, т. е. при мощности энергоустановок 80% номинальной, отечественные АПЛ имели большую энерговооруженность и могли развивать большие скорости по сравнению с аналогичными американскими АПЛ того времени.

В ходе создания первой судовой ЯЭУ не сразу была понята важность некоторых необычных процессов и явлений, таких, как охрупчивание конструкционных материалов под воздействием облучения, межкристаллитная коррозия нержавеющей стали в присутствии хлоридов, длительные и значительные остаточные тепловыделения в реакторе после его работы и т.п. Поэтому по мере появления, осмысления и изучения этих факторов потребовалось вносить некоторые изменения в схему и состав ЯЭУ, в конструкцию оборудования, в технологические регламенты управления установкой.

По результатам нескольких кампаний испытаний реакторной установки стенда 27/ВМ и

энергоустановки на опытной АПЛ пр.627 в конструкции и системы ППУ были внесены некоторые важные усовершенствования и изменения. Например, применены титановый сплав и углеродистая сталь для трубных систем парогенераторов, изменена конструкция крышки реактора, созданы более надежные конструкции холодильников и насосов первого контура, исполнительных механизмов СУЗ, компенсаторов объема, теплообменников, арматуры, разработаны несколько модификаций активных зон. В результате внедрения этих изменений и усовершенствований непосредственно в установках кампания активных зон, ресурс и надежность оборудования и систем ППУ ВМ-А на АПЛ первого поколения были повышены в несколько раз и эти показатели с середины 60-х годов практически перестали служить ограничивающими факторами для надежной и длительной эксплуатации АПЛ.

В табл. 2 приведены данные по США, СССР, Великобритании и Франции о времени проведения этими странами первых ядерных взрывов, о сроках начала НИОКР над судовыми ЯЭУ и о сроках создания первых стендов судовых ЯЭУ и первых опытных АПЛ.

На АПЛ первого поколения всех проектов было проведено большое число перезарядок активных зон в реакторах, освоены ремонты оборудования, значительно повышен ресурс оборудования и активных зон. В 1966 г. соединение ВМФ, состоящее из двух АПЛ первого поколения, впервые успешно совершило кругосветное подводное плавание.

До середины 70-х годов (когда в состав ВМФ уже вошло значительное число АПЛ второго поколения с новыми более совершен-

ными реакторными установками), АПЛ первого поколения несли основную нагрузку по выполнению задач ВМФ — осуществляли длительные автономные походы, боевое патрулирование, подледные плавания и освоение мирового океана.

За 35 лет эксплуатации АПЛ с установками ВМ-А по различным причинам происходили отказы отдельного оборудования и систем ЯЭУ (преждевременная разгерметизация твэлов активных зон, потеря герметичности трубных систем парогенераторов, выход из строя насосов, снижение сопротивления электроизоляции в приводах механизмов и т. п.), что не исключалось в проекте и эксплуатационной документации. Отказы устранялись в походных условиях или на базе, хотя часто с большими трудностями и в нескольких случаях с частичным облучением обслуживающего или ремонтного персонала.

Две аварии на энергоустановках ВМ-А, сопровождавшиеся сильным радиоактивным загрязнением реакторных отсеков и облучением части экипажа (в 1961 г. на АПЛ пр. 658 зав. № 901 в походе из-за разрыва импульсной трубки первого контура и в 1965 г. на заводе «Звездочка» на АПЛ пр. 627 зав. № 285 при перезарядке реактора из-за нарушений личным составом технологии и инструкций) потребовали вырезки и полной замены этих отсеков. Кроме того, вследствие других аварийных инцидентов на энергоустановках ВМ-А в результате неправильных действий личного состава две АПЛ пр. 675 были выведены из эксплуатации (в 1979 г. зав. № 541 и в 1985 г. зав. № 175) и подлежали списанию.

Авария в 1979 г. на АПЛ зав. № 541 (разгерметизация реактора в ППУ левого борта с частичным расплавлением зоны и большим радиоактивным загрязнением реакторного отсека) из-за грубых нарушений личным составом лодки эксплуатационных регламентов (реактор эксплуатировали с блокировкой аварийной защиты), послужила основанием для Минсредмаша потребовать от командования Военно-морского флота создания на ВМФ специальной инспекции по ядерной безопасности. Учрежденная вскоре инспекция действует до сих пор, представляя важный контрольно-надзорный орган на базах и объектах ВМФ. В состав ее входят высококвалифицированные офицеры-механики (с опытом эксплуатации ядерных

установок на АПЛ и надводных кораблях ВМФ).

На отечественных АПЛ первого поколения при походах в подводном положении произошло несколько пожаров с серьезными последствиями. Так, в апреле 1970 г. вследствие возникшего пожара при возвращении на базу после длительного автономного похода, затонула АПЛ первого поколения (пр. 627А зав. № 261). Трагедия произошла в Бискайском заливе (глубина около 4500 м). Реакторные установки не были причиной этого пожара и до гибели АПЛ оставались исправными, а сами реакторы были своевременно заглушены штатными средствами.

Объективности ради следует отметить, что ни один из пожаров на отечественных АПЛ не был вызван отказами или какими-либо неисправностями ЯЭУ.

С конца 80-х годов АПЛ первого поколения начали выводить из эксплуатации как морально устаревшие и по условиям договоренностей с США по ОСВ-1 и ОСВ-2. К 1996 г. все АПЛ первого поколения выведены из состава ВМФ и подлежат утилизации.

Серьезный недостаток АПЛ первого поколения, в том числе и ЯЭУ ВМ-А,— их повышенная шумность по сравнению с американскими АПЛ, что снижало боевую эффективность АПЛ и вносило осложнения в обеспечение скрытности АПЛ при выполнении ими своих задач. Этот недостаток отечественных АПЛ, к сожалению, сохранялся в течение длительного времени и устранен только на АПЛ второго и третьего поколений постройки 90-х годов.

Вместе с тем многие идеи, реализованные в проекте первой отечественной ЯЭУ ВМ-А (компоновка, конструкции основного оборудования, параметры теплоносителей, принципы управления реактором, материалы и конструктивное исполнение биологической защиты и т. п.), настолько оригинальны и прогрессивны, что при равной тепловой мощности реакторов АПЛ США и СССР (70 МВт) по таким важнейшим показателям, как масса, габаритные размеры, ударостойкость, маневренность, параметры теплоносителей и экономичность отечественные ЯЭУ ВМ-А превосходили ядерные установки американских подводных лодок того времени.

Создание первой отечественной ЯЭУ для подводной лодки осуществлялось в годы развер-

нувшейся холодной войны, т.е. заимствование какого-либо опыта или получение информации по этой проблеме из-за рубежа было исключено; все создавалось, решалось и обеспечивалось силами и талантом советских ученых и конструкторов и возможностями заводов, НИИ и КБ, имевшихся в то время в СССР.

Итог создания ЯЭУ для первой АПЛ — сформировавшаяся отечественная школа по разработке подобных сложных инженерных комплексов, включающая высококвалифицированные коллективы ученых и конструкторов со своим подходом и почерком, развитие опытно-экспериментальной базы и специализированных заводов для серийного производства оборудования и систем для судовых ЯЭУ. Все это позволило в дальнейшем уже на более высоком техническом уровне создавать ЯЭУ для последующих поколений АПЛ и боевых надводных кораблей отечественного ВМФ.

ЯЭУ для АПЛ второго поколения

Главной задачей при разработке ППУ для АПЛ второго поколения было добиться с учетом опыта проектирования и создания установок ВМ-А дальнейшего улучшения массо-габаритных показателей установок, повышения их надежности, автоматизации и существенного улучшения ресурсных и виброакустических характеристик оборудования ППУ. К АПЛ

второго поколения принято относить опытную АПЛ пр. 661 и серии АПЛ пр. 670, 671 и 667, каждая из которых начиналась с головной АПЛ.

Для АПЛ пр. 661 требовалось наиболее радикально улучшить массо-габаритные характеристики ППУ (более чем вдвое). Поначалу предполагалось серийное строительство АПЛ пр. 661, причем для корпусов этих подводных лодок было решено применить титан — материал с меньшей (по сравнению со сталью) удельной массой, с высокими механическими свойствами и коррозионно-стойкий по отношению к морской воде. В связи с этим в начале 60-х годов в стране было организовано промышленное производство титана. Несмотря на то что по ряду причин и обстоятельств программа строительства АПЛ пр. 661 была ограничена созданием только одной опытной лодки, титан в дальнейшем нашел широкое использование — для корпусов АПЛ других проектов, изготовления трубных систем парогенераторов судовых ЯЭУ, оборудования паротурбинных установок и в некоторых других областях.

АПЛ пр. 670, 671 и 667 различались в основном назначением (вооружением) и соответственно водоизмещением, скоростью, составом и мощностью энергосиловых установок. Впервые в отечественной практике создавались подводные лодки с однотурбинной (АПЛ пр.

Таблица 3. АПЛ второго поколения

Номер проекта АПЛ	Проектант АПЛ Главный конструктор АПЛ	Завод-строитель АПЛ	Индекс ППУ Разработчик ППУ Главный конструктор ППУ	Число реакторов и турбин в АЭУ	Мощность реактора, МВт; турбины, тыс. л. с.
661	ЦКБ-16 (г. Ленинград) Н.Ф. Шульженко	Севмашпредприятие г. Северодвинск	В-5	2 и 2	177
			НИИ-8 Н.А. Доллежалъ		40
670	ЦКБ-112 (г. Горький) В.П. Воробьев	«Красное Сормово» г. Горький	ВМ-4-1	1 и 1	90
			ОКБ завода № 92 И.И. Африкантов		20
671	СКБ-143 (г. Ленинград) Г.Н. Чернышов	«Адмиралтейский завод» г. Ленинград	ВМ-4	2 и 1	72
			ОКБ завода № 92 И.И. Африкантов		31
667	ЦКБ-18 (г. Ленинград) С.Н. Ковалев	Севмашпредприятие г. Северодвинск Завод им. Ленинского комсомола г. Комсомольск-на-Амуре	ВМ-4-2	2 и 2	90
			ОКБ завода № 92 И.И. Африкантов		20

Таблица 4. Этапы создания ППУ В-5 и ВМ-4

Индекс ППУ	Утверждение эскизного проекта	Утверждение технического проекта	Принятие комиссией макета ППУ	Запуск в производство ППУ
В-5	Май 1960 г.	Апрель 1961 г.	Декабрь 1961 г.	Февраль 1962 г.
ВМ-4 (ОК-300)	Апрель 1960 г.	Март 1961 г.	Июль 1961 г.	Декабрь 1962 г.
ВМ-4-1 (ОК-350)	Март 1961 г.	Сентябрь 1961 г.	Сентябрь 1962 г.	Декабрь 1962 г.
ВМ-4-2 (ОК-700)	Не разрабатывался	Август 1963 г.	Не создавался	Август 1963 г.

670 и 671) и однореакторной силовой установкой (АПЛ пр. 670).

К проектированию АПЛ подключились два новых судпромовских бюро — Ленинградское ЦКБ-16 (АПЛ пр. 661) и Горьковское ЦКБ-112 (АПЛ пр. 670).

В строительстве АПЛ второго поколения участвовали уже четыре отечественных судостроительных завода — помимо Севмашпредприятия и завода им. Ленинского комсомола горьковский завод «Красное Сормово» и ленинградский «Адмиралтейский завод» (табл. 3).

Документом, определившим исполнителей, сроки проектирования, ряд других положений и требований при разработке и создании ЯЭУ и ППУ для указанных АПЛ второго поколения, было постановление ЦК КПСС и СМ СССР, принятое в августе 1958 г.

При создании АПЛ второго поколения в качестве комплексного разработчика ППУ (ВМ-4) подключалось ОКБ з-да № 92 Миноборонпрома (с 1964 г. — ОКБМ ГКАЭ, ныне ОКБМ Минатома).

Разработка ППУ В-5 для АПЛ пр. 661 была поручена НИИ-8 совместно с СКБ «Ижорского завода» Минэнергогтямаша. Изготавливал основное оборудование и комплектно поставлял ППУ В-5 «Ижорский завод».

Главными конструкторами ППУ В-5 и ВМ-4 были назначены соответственно директор НИИ-8 Н.А. Доллежалъ и начальник ОКБ завода № 92 И.И. Африкантов.

Все ППУ АПЛ второго поколения разрабатывались и создавались под научным руководством академика А.П. Александрова и его заместителей: А. Н. Проценко по ППУ В-5, Г. А. Гладкова по ППУ ВМ-4 (табл. 4).

В результате исследований, выполненных разработчиками ядерных паропроизводящих установок совместно с проектантами соответствующих АПЛ, и уточнения технических заданий на ЯЭУ определились следующие глав-

ные отличия ППУ АПЛ второго поколения от ППУ ВМ-А:

отсутствие разветвленной системы трубопроводов первого контура (корпус реактора с помощью коротких патрубков конструктивно объединялся с насосами и парогенераторами);

использование в реакторах по несколько компенсирующих органов (решеток) с индивидуальными приводами;

применение двухскоростных циркуляционных насосов первого контура (ЦНПК), снабженных прочно-плотными корпусами; для ЦНПК не требовались токопреобразователи (как это было на АПЛ первого поколения), так как на всех АПЛ второго поколения в электроэнергетической сети использовали переменный ток;

плакировка внутренней поверхности корпуса реактора антикоррозионной наплавкой из нержавеющей стали;

применение вместо нержавеющей стали для трубных систем парогенераторов титанового сплава (на головных АПЛ пр. 670, 671 и 667 использовали углеродистую сталь);

использование в реакторах ППУ В-5 активных зон кассетного типа с крестообразными твэлами;

повышение ресурса всего оборудования ППУ до 12 тыс. ч., а кампании активной зоны до 5 тыс. ч.

Основное оборудование ППУ ВМ-4 для АПЛ пр. 670, 671 и 667 было унифицировано, и ППУ в целом для этих АПЛ различались лишь числом петель «ЦНПК — парогенератор» (4



И. И. Африкантов,
начальник ОКБ
завода № 92

или 5 на один реактор) и привязками к фундаментным конструкциям реакторных отсеков АПЛ.

Для ППУ В-5 (на «Ижорском заводе») и для ППУ ВМ-4 (на заводе № 92) были сооружены натурные макеты реакторных отсеков с полным комплектом оборудования и систем для проверки условий собираемости, монтажа и обслуживания этих систем и оборудования в отсеке (табл. 4).

Впервые новые судовые ППУ для АПЛ создавались без наземных натуральных стендовых прототипов и первые штатные образцы всего оборудования ППУ поступали сразу непосредственно в монтаж на строящиеся АПЛ.

С учетом отсутствия наземных прототипов ЯЭУ особое внимание разработчиками ППУ для АПЛ второго поколения было обращено на поэлементную проверку и отработку отдельного оборудования ППУ. К примеру, в ОКБМ с этой целью было сооружено и использовалось более 200 стендов под отдельные испытания, в том числе, на ресурс. Для всего оборудования ППУ в 1974 г. был разработан и создан комплекс ремонтной оснастки, а также унифицированное перегрузочное устройство для проведения перезарядок активных зон в реакторах типа ВМ-4 и ВМ-А.

Головные АПЛ пр. 670, 671 и 667 были спущены на воду соответственно в августе 1966 г., октябре 1965 г. и августе 1966 г. для их достройки и последующих испытаний.

В ноябре 1966 г. на Севмашпредприятии выявилось одно досадное обстоятельство: при гидроиспытаниях первых контуров и вскрытия реакторов в ППУ на АПЛ пр. 667 (зав. № 421) в одном из реакторов было обнаружено значительное количество грязи и металлической стружки. Как установила специально назначенная Комиссия под председательством А.П. Александрова, виновником этого был волгоградский завод «Баррикады» (изготовитель корпусов реакторов), который отгрузил корпус реактора на судостроительный завод без должной проверки и удаления всех загрязнений. Потребовалось проверять и отмывать ранее отгруженные и смонтированные реакторы на головных АПЛ пр. 670 и 667, что задержало монтажные работы на кораблях, испытания ППУ и сдачу этих головных АПЛ. В связи с этим происшествием в ГКАЭ срочно был разработан и введен в действие с

1967 г. специальный нормативный документ, определяющий порядок вскрытия и закрытия оборудования первого контура судовых ППУ и требования по чистоте к этому оборудованию.

Монтаж ЯЭУ на всех головных АПЛ пр. 670, 671 и 667 был закончен к лету 1967 г. с предъявлением их к комплексным швартовным испытаниям.

АПЛ пр. 661 была спущена для достройки и испытаний в декабре 1968 г. В конце ноября 1969 г. ЯЭУ этой АПЛ была предъявлена к комплексным швартовным испытаниям.

При комиссионных межведомственных комплексных швартовных испытаниях ЯЭУ на головных АПЛ пр. 670, 671, 667 и на опытной АПЛ пр. 661 была достигнута полная (номинальная) мощность реакторов, причем впервые при испытаниях все проектные переходные и аварийные режимы ППУ фиксировались на магнитную ленту специально разработанным в ИАЭ им. И.В. Курчатова магнитографом. Таким образом, в отличие от АПЛ первого поколения, все АПЛ второго поколения, начиная с головных, испытывали и сдавали ВМФ без каких-либо ограничений по мощности ЯЭУ.

Государственные ходовые испытания головных АПЛ пр. 670, 671 и 667 были завершены с подписанием приемных Актов в ноябре 1967 г.; аналогичные испытания опытной АПЛ пр. 661 были проведены в декабре 1969 г. с передачей этой лодки флоту для опытной эксплуатации.

После постройки, успешных испытаний и передачи ВМФ головных АПЛ пр. 670, 671 и 667 в стране было развернуто широкомасштабное серийное строительство подводных лодок этих проектов (в отдельные годы сдавалось до 10 АПЛ). С конца 70-х годов и вплоть до 90-х годов построено и сдано ВМФ около полутора сотен таких АПЛ. С начала 80-х годов на эти АПЛ возлагали основные задачи ВМФ: они обеспечивали боевое патрулирование в задаваемых районах, слежение за АПЛ «потенциального противника», совершали длительные автономные походы в мировом океане и подо льдами Арктики.

Опытная эксплуатация АПЛ пр. 661 была завершена в 1972 г. и до 1980 г. она активно эксплуатировалась до плановой перезарядки зон. При испытаниях и при эксплуатации АПЛ

пр. 661 на ней была достигнута рекордная подводная скорость — 44,7 узла (более 80 км/ч).

Для эксплуатации АПЛ второго поколения характерна возросшая надежность ППУ и входящих в них систем и оборудования. При более интенсивной эксплуатации этих АПЛ количество отказов или неисправностей оборудования ППУ было в десятки раз меньше по сравнению с АПЛ первого поколения.

В 1970—1972 гг. в ППУ типа ВМ-4 проявились два достаточно серьезных недостатка — преждевременная разгерметизация твэлов активных зон (стержневого типа) и образование трещин в стояках крышек реакторов, обусловленные хлоридами. Пришлось срочно разрабатывать новые конструкции активных зон (стержневые модернизированные и кольцевые) и усовершенствовать конструкцию крышки реактора и плано, совмещая это с ремонтами АПЛ, заменять крышки на реакторах и активные зоны.

С 1975 г. был организован сыгравший положительную роль систематический авторский надзор силами ОКБМ (разработчик активных зон) и Электростальского машзавода (поставщик активных зон) за состоянием эксплуатируемых активных зон в реакторах АПЛ второго поколения.

За время строительства и эксплуатации АПЛ второго поколения произошло несколько серьезных инцидентов.

На Севмашпредприятии при достройке АПЛ пр. 667 (зав. № 421) на плаву 23 августа 1968 г. на ППУ левого борта вследствие перепутывания фаз подключения приводов компенсирующих решеток вместо опускания компенсирующие решетки были подняты вверх. Произошел «разгон» (неуправляемая цепная реакция) активной зоны, сопровождавшийся опрессовкой реактора и всей системы первого контура давлением, значительно большим 400 ат. Несмотря на то что при этом система первого контура сохранила герметичность и люди не пострадали, все же было решено эту ППУ в дальнейшем не использовать и объект испытывали и эксплуатировали до очередного ремонта на одной исправной ППУ (правого борта).

На заводе «Красное Сормово» в ходе монтажа ППУ на АПЛ пр. 670 (зав. № 722) на стапеле в цехе 18 января 1970 г. вследствие грубых технологических нарушений при проведении гидротестов системы первого контура

(временные полиэтиленовые заглушки не были заменены штатными стальными и при подъеме давления разрушились), компенсирующие решетки сдвинулись вверх, что сопровождалось несанкционированным подъемом мощности в активной зоне с выбросом из реактора активного теплоносителя. Двое рабочих были облучены, территория цеха загрязнена и потребовала дезактивации. Реактор на этой АПЛ вместе с активной зоной пришлось заменить новыми.

У пирса Севмашпредприятия после плановой перезарядки активных зон на опытной АПЛ пр. 661 30 ноября 1980 г. на ППУ левого борта, вследствие неправильного подключения двигателей, управляющих ходом компенсирующих решеток, две из трех периферийных решеток были выведены из зоны, что сопровождалось «разгоном» активной зоны, гидроударом и опрессовкой системы первого контура давлением порядка 400 ат. Были разрушены сварные уплотнения у одного главного циркуляционного насоса и у датчика давления, установленного на первом контуре, в реакторное помещение отсека из системы первого контура поступило значительное количество радиоактивного теплоносителя. Персонал не пострадал. После удаления теплоносителя и дезактивации отсека разрушенные узлы были восстановлены и с января 1981 г. АПЛ была введена в строй.

В декабре 1985 г. на Тихоокеанском флоте на АПЛ пр. 671 (зав. № 610) после возвращения из автономного похода в базу из-за неправильных действий личного состава (первый контур ошибочно соединили с трюмным помещением и в значительной мере опорожнили) реактор ППУ левого борта оказался без охлаждения. Активная зона реактора серьезно пострадала от перегрева остаточным тепловыделением, все трюмные помещения реакторного отсека АПЛ были сильно загрязнены радиоактивностью. Личный состав не пострадал, но сама лодка была выведена из эксплуатации и списана для последующей утилизации.

3 апреля 1986 г. в районе Бермудских островов на АПЛ пр. 667 (зав. № 460) в походе в подводном положении начался пожар в одной из ракетных шахт. После всплытия и трех дней борьбы с пожаром (при этом погибло 5 членов экипажа), 6 апреля 1986 г. АПЛ затонула (глубина около 5300 м). Атомные установки на подводной лодке вплоть до ее гибели остава-



Ф. М. Митенков,
главный конструктор
ППУ ВМ-4

лись исправными, радиационная обстановка на лодке сохранялась нормальной, реакторы перед гибелью АПЛ были заглушены штатными средствами.

Несмотря на значительно большее внимание, уделенное вопросам улучшения виброакустических характеристик, по этим показателям отечественные АПЛ второго поколения продолжали уступать американским

ливалось со второй половины 60-х годов), была организована разработка ППУ под перспективные АПЛ, рассматриваемые как отечественные АПЛ третьего поколения.

На основании произведенных проектантами АПЛ и головным институтом ВМФ проработок и прогнозных оценок по «архитектурному облику» и основным характеристикам АПЛ третьего поколения (с учетом их вооружения, режима эксплуатации, водоизмещения, скорости, предельной глубины погружения и некоторых других факторов и требований) было установлено, что АПЛ потребуется ЯЭУ значительно большей мощности и с большим ресурсом работы оборудования и систем.

Эта задача осложнялась тем, что предполагалось создать и иметь в будущем одну унифицированную ППУ, удовлетворяющую различным классам АПЛ третьего поколения. Кроме того, необходимо было, наконец, добиться резкого улучшения виброшумовых характеристик оборудования ЯЭУ (и АПЛ в целом), так как по этим показателям отечественные АПЛ первого и второго поколений уступали американским АПЛ.

С самого начала было решено, что применению новых АЭУ на будущих АПЛ третьего поколения обязательно должна предшествовать отработка первого образца установки на наземном полномасштабном стенде.

В проектных проработках ППУ для АПЛ третьего поколения участвовало несколько конструкторских организаций, в итоге этот конкурс выиграло ОКБМ (главный конструктор И.И. Африкантов). В 1964 г. с учетом опыта разработки ППУ ВМ-А и ВМ-4 в ОКБМ был разработан эскизный проект ППУ под индексом ОК-650 на паропроизводительность 230 т/ч (мощность, срабатываемая на гидротормозе, 40 тыс. л. с.) применительно к наземному стенду. Этот проект вскоре был принят, и уже в 1965 г. утверждено техническое задание на сооружение стенда КВ-1 в создаваемой Государственной испытательной станции (ГИС) — филиале ИАЭ им. И.В. Курчатова (г. Сосновый Бор.)

Доработанный унифицированный под все проекты АПЛ третьего поколения технический проект ППУ типа ОК-650 на паропроизводительность, форсированную до 250 т/ч (мощность на винтах АПЛ до 50 тыс. л. с.) был утвержден в 1967 г.

АПЛ того времени.

Создание и серийное освоение ППУ для АПЛ второго поколения представляли важное отечественное достижение, что обеспечивало развернутое в стране масштабное строительство новых АПЛ с существенно улучшенными основными показателями.

Атомные энергосиловые установки АПЛ второго поколения по таким важнейшим характеристикам, как масса и габаритные размеры, надежность, экономичность, ударостойкость и ремонтпригодность не уступали аналогичным показателям установок для американских АПЛ. За разработку и создание ППУ типа ВМ-4 для серий АПЛ пр. 670, 671 и 667 в 1969 г. были присуждены две Государственные премии СССР. За создание модифицированной АПЛ пр. 670М с установкой ВМ-4 главный конструктор этой установки начальник ОКБМ Ф.М. Митенков в 1978 г. был удостоен звания Героя Социалистического Труда. Начиная со второй половины 80-х годов в связи с вводом в строй ВМФ уже значительного числа АПЛ третьего поколения и по условиям подписанных СССР договоров ОСВ-1 и ОСВ-2, большое число АПЛ второго поколения, в том числе АПЛ пр. 661, планомерно выводятся из эксплуатации и подлежат утилизации.

ЯЭУ ДЛЯ АПЛ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Вслед за созданием ППУ ВМ-А для АПЛ первого поколения и завершением разработок ППУ ВМ-4 для ППУ второго поколения (оборудование для которых уже серийно изготов-

Таблица 5. Этапы создания ППУ типа ОК-650 под АПЛ третьего поколения

Номер проекта АПЛ	Индекс ППУ	Утверждение технического проекта ППУ	Завершение поставок оборудования ППУ на головную АПЛ	Проведение испытаний ЯЭУ на головной АПЛ
685	ОК-650Б-3	Апрель 1971 г.	II кв. 1979 г.	Октябрь 1983 г.
941	650.41	Апрель 1975 г.	I кв. 1978 г.	Май-июнь 1981 г.
945	ОК-651	Декабрь 1973 г.	II кв. 1979 г.	Декабрь 1983 г.
949	ОК-652	Ноябрь 1972 г.	I кв. 1977 г.	Сентябрь — октябрь 1980 г.
971	650М.71	Сентябрь 1978 г.	II кв. 1982 г.	Октябрь 1984 г.

Параллельно с сооружением стенда КВ-1 по заданиям проектантов АПЛ разрабатывали модификации технических проектов ППУ типа ОК-650 (с привязкой их к конкретным условиям различных проектов АПЛ третьего поколения и с некоторыми различиями по мощности и виброакустическим характеристикам оборудования).

Все проекты ППУ типа ОК-650 под различные проекты АПЛ третьего поколения (табл. 5) разрабатывались ОКБМ (главный конструктор И.И. Африкантов, а после его смерти в 1969 г. — Ф.М. Митенков) под научным руководством ИАЭ им. И.В. Курчатова (научный руководитель Г. А. Гладков).

В ППУ типа ОК-650 впервые была реализована возможность работы их на частичных нагрузках без работы циркуляционных насосов первого контура, т.е. с использованием эффекта естественной циркуляции теплоносителя первого контура, что повысило надежность и живучесть этих установок.



Г.А. Гладков — научный руководитель разработки ППУ для АПЛ третьего поколения

В этих ППУ был обеспечен также повышенный уровень ядерной безопасности вследствие большего резервирования средств расхолаживания и более совершенной системы защиты и управления реактором.

Впервые конструкция парогенератора для ППУ разрабатывалась непосредственно разработчиком ППУ, т.е. в ОКБМ, что положительно сказалось на конструктивных решениях ППУ в целом и на режимных и манев-

ренных возможностях установки. К изготовлению парогенераторов для ППУ ОК-650 был подключен Хабаровский завод Минсудпрома.

Изготовление блока ППУ для стенда КВ-1 было закончено в феврале 1974 г. и после проведения его контрольной сборки на заводе в мае 1974 г. блок был доставлен в филиал ИАЭ в г. Сосновый Бор.

Монтаж стенда КВ-1 — наземного прототипа ЯЭУ под АПЛ третьего поколения — был закончен в конце 1975 г. В течение 1976 г. на стенде Межведомственной комиссией под председательством Б. П. Папковского (Минсредмаш) были проведены сдаточные испытания энергоустановки по полной программе, а в последующем и ресурсные испытания энергоустановки с имитацией автономного похода.

Впервые в отечественной практике более чем за два года до начала монтажа ЯЭУ на первых строящихся АПЛ нового поколения, на стендовой установке была получена важная и достаточно полная информация по монтажу ЯЭУ, по работе ее оборудования и систем и работе ЯЭУ в целом. Поэтому испытания и сдачу головных, а затем и серийных АПЛ третьего поколения с ППУ типа ОК-650 проводили практически без задержек. Освоение этих ППУ в составе АПЛ ВМФ также осуществлялось без особых проблем. Всего было разработано пять проектов АПЛ третьего поколения (пр. 685, 941, 945, 949 и 971) (табл. 6). Все они впоследствии строились серийно, кроме АПЛ пр. 685, которая была создана в единственном образце как опытная (глубоководная в титановом корпусе).

Помимо большей мощности ППУ ОК-650 и более совершенной конструкции (по сравнению с ППУ предыдущих поколений), впервые были достигнуты виброшумовые характеристики, отвечающие выставленным требованиям и фактически не уступающие аналогичным

Таблица 6. АПЛ третьего поколения

Номер проекта АПЛ Условное наименование АПЛ	Проектант АПЛ Главный конструктор АПЛ	Завод-строитель АПЛ	Число реак- торов и тур- бин в ЯЭУ	Мощность реактора, МВт; турбины, тыс. л. с.	Время вступ- ления в строй первой АПЛ
685 «Плавник»	ОКБМ (г. Ленинград) Ю.Н. Кормилицын	Севмашпредприятие г. Северодвинск	1 и 1	190 43	Декабрь 1983 г.
941 «Акула»	ОКБМ (г. Ленинград) С.Н. Ковалев	Севмашпредприятие г. Северодвинск	2 и 2	190 около 50	Ноябрь 1981 г.
945 «Барракуда»	ЦКБ «Лазурит» (г. Горький) Н.И. Кваша	«Красное Сормово» г. Горький	1 и 1	190 43	Сентябрь 1984 г.
959 «Гранит»	ОКБМ (г. Ленинград) И.Л. Баранов	Севмашпредприятие г. Северодвинск	2 и 2	190 около 50	Декабрь 1980 г.
971 «Барс»	СПМБМ «Малахит» (г. Ленинград) Г.Н. Чернышов	ЗЛК г. Комсомольск на Амуре	1 и 1	190 43	Декабрь 1984 г.

показателям ППУ американских АПЛ. После постройки каждой АПЛ третьего поколения при ее ходовых испытаниях силами специалистов ОКБМ с помощью специально разработанной аппаратуры получали «виброакустические портреты» ППУ в различных режимах использования энергоустановки.

С учетом качества и характеристик созданной ППУ типа ОК-650 для АПЛ третьего поколения и своевременного и полного подтверждения этих параметров установки на наземном стенде КВ-1 в г. Сосновом Бору эту работу в 1978 г. отметили присуждением Ленинской премии. За создание головных АПЛ третьего поколения и ППУ типа ОК-650 для них звания Героя Социалистического Труда были удостоены в 1982 г. Г.Ф. Носов (ОКБМ) и в 1985 г. Г. А. Гладков (ИАЭ). В 1985 г. за разработку и создание ППУ типа ОК-650 для АПЛ третьего поколения ОКБМ было награждено орденом Октябрьской революции.

В 1987 г. в ППУ ОК-650 на первых АПЛ третьего поколения были отмечены несколько случаев преждевременной разгерметизации твэлов в активных зонах и образования (вследствие термоциклового усталости) трещин в сварных швах у двух блоков расхолаживания. Причины этих явлений были достаточно быстро установлены и принятые срочные меры позволили их устранить.

При эксплуатации в течение более 15 лет

нескольких десятков ППУ ОК-650 на АПЛ третьего поколения не было ни одного сколько-нибудь серьезного ядерно- или радиационно-опасного инцидента.

При катастрофе на АПЛ пр. 685 (в печати ее обычно называют «Комсомолец»), происшедшей в Норвежском море 7 апреля 1989 г. вследствие неустраняемого пожара, ЯЭУ оставалась исправной, никаких радиационных выбросов в помещения АПЛ или в окружающую среду не было, реактор был своевременно выведен из работы и расхоложен. Лодка погибла и затонула на глубине около 1700 м. Гибель части экипажа (42 человека) произошла при борьбе с пожаром или от переохлаждений в забортной воде после затопления лодки.

Отечественные АПЛ третьего поколения являются наиболее «молодыми» в составе ВМФ, ничем не уступают АПЛ зарубежных стран, не подпадают под сокращения по договорам ОСВ и очень важно, что на этих АПЛ используется самая совершенная высоконадежная унифицированная ППУ ОК-650 повышенной безопасности.

ЯЭУ для надводных кораблей ВМФ

Осуществляемая начиная с 60-х годов в СССР широкая программа модернизации и строительства Военно-морского флота, постройка значительного числа различных классов АПЛ, активный выход отечественных АПЛ

в мировой океан и перспективные планы развития ВМФ поставили перед страной задачу создания для ВМФ боевых надводных кораблей с ЯЭУ.

В сентябре 1969 г. ЦК КПСС и СМ СССР приняли постановление о строительстве головного крейсера пр. 1144 с ЯЭУ, разработка которой поручалась ОКБМ Минсредмаша.

Как известно, США приступили к созданию атомных надводных кораблей (авианосцев, крейсеров, фрегатов) значительно раньше, и уже в 1961 г. вошли в строй первый авианосец «Энтерпрайз» и первый атомный крейсер «Лонг бич». К 1980 г. военно-морской флот США располагал 15 атомными надводными кораблями.

Как показали проработки, для отечественных атомных крейсеров требовалась двухреакторная ППУ тепловой мощностью каждая не менее 300 МВт, что более чем втрое превышало мощность ППУ, применяемых в то время на АПЛ второго поколения, и вдвое больше мощности ППУ, созданных для атомных ледоколов. Таким образом, стало очевидно, что для крейсеров необходимо разрабатывать и создавать ППУ по отдельному самостоятельному проекту. При этом в будущем предполагалось применять эту ППУ и для авианосцев, т. е. требовалось создавать унифицированную атомную ППУ для надводных кораблей ВМФ.

Некоторые ограничения определялись также возможностями отечественных машиностроительных и судостроительных производств — было необходимо максимально сохранить и использовать отработанные технологии, заводские стендовые базы, максимально унифицировать отдельные узлы и конструкции с ранее разработанными, освоенными в изготовлении и применявшимися в ППУ для АПЛ. К оборудованию ППУ были предъявлены жесточенные требования по работоспособности, ресурсу и сроку службы, которые в итоге были выдержаны.

Разработку проекта ППУ (индекс КН-3) для надводных кораблей ВМФ выполняло ОКБМ (главный конструктор Ф.М. Митенков) при научном руководстве ИАЭ (научный руководитель Н.С. Хлопкин).

Проектирование корабля в целом (главный конструктор Б.И. Купенский) осуществляло Северное проектно-конструкторское бюро Минсудпрома (г. Ленинград). Строительство

крейсеров, их испытания и сдачу выполнял Балтийский судостроительный завод.

Оборудование ППУ КН-3 изготовляли на тех же заводах, которые выполняли оборудование для ППУ АПЛ: завод «Баррикады» (г. Волгоград) и Машзавод (г. Горький) Минобороны, Хабаровский машзавод Минсудпрома, Электростальский машзавод Минсредмаша и др.

Ниже приведены некоторые наиболее важные этапы и сроки создания первых ППУ КН-3 (для крейсера «Киров»):

эскизный проект ППУ закончен в мае и утвержден в июне 1970 г.;

технической проект ППУ завершен в марте и утвержден в сентябре 1971 г.;

разработка рабочих чертежей оборудования ППУ закончена в 1972 г.;

в августе 1973 г. утвержден технический проект разработанного перегрузочного комплекса для перезарядки реакторов ППУ КН-3;

в период 1973—1977 гг. изготовлены опытные образцы оборудования, прошедшие испытания, а также 2 комплекта штатного оборудования ППУ КН-3 для корабля;

июнь—июль и октябрь 1978 г. — погрузка на корабль 4 укрупненных агрегатов массой 2×315 т и 2×240 т (ППУ монтировали укрупненными, заранее сформированными агрегатами);

в 1979 г. в реакторы были загружены активные зоны;

в апреле—мае 1980 г. в Ленинграде на Балтийском заводе были проведены комплексные швартовные испытания главной энергетической установки крейсера с ППУ КН-3;

до конца 1980 г. крейсер «Киров» успешно прошел Государственные ходовые испытания и вступил в строй ВМФ.

Как показали комплексные швартовные испытания главной энергетической установки на крейсере «Киров», Государственные ходовые испытания крейсера и первые годы эксплуатации этого крейсера в составе ВМФ, разработанная и созданная для отечественных атомных крейсеров ППУ типа КН-3, отвечала всем современным требованиям корабля (ресурс, надежность, ядерная и радиационная безопасность, ремонтпригодность и т.п.). В 1985 г. за разработку и создание крейсера «Киров» и ППУ КН-3 были присуждены две Государственные премии СССР.

Таблица 7

Первоначальное наименование	Новое наименование	Год ввода в состав ВМФ
«Киров»	«Адмирал Ушаков»	1980 г.
«Фрунзе»	«Адмирал Лазарев»	1984 г.
«Калинин»	«Адмирал Нахимов»	1988 г.
«Андропов»	«Петр Великий»	1996 г.

Всего было построено 4 крейсера пр.1144 (табл. 7).

Кроме того, для ВМФ был заказан и в апреле 1987 г. достроен и сдан Балтийским судозаводом специальный корабль связи (пр. 1941) с ЯЭУ типа ОК-900А, применявшейся на наших атомных ледоколах.

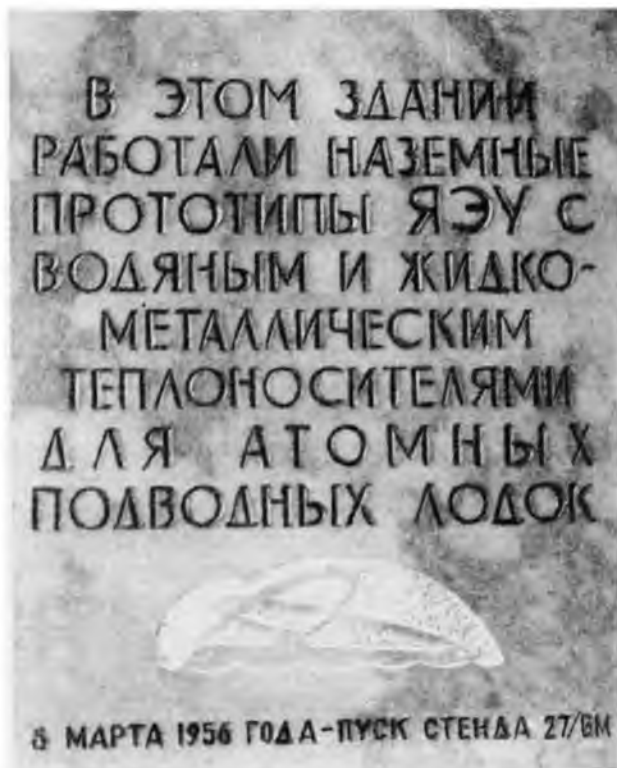
Затянувшееся до 1996 г. строительство крейсера «Петр Великий» обусловлено сложившейся тяжелой финансово-экономической ситуацией в России.

В 1986 году был выполнен технический проект ППУ типа КН-3 применительно к авианосцу «Ульяновск», строительство которого было начато вскоре на судостроительном заводе в г. Николаеве (Украина). Для этого корабля были заказаны 4 комплекта оборудования ППУ, которые были частично изготовлены (2 комплекта отгружены на завод-строитель авианосца). Однако строительство авианосца «Ульяновск» в г. Николаеве после распада СССР было прекращено.

ЯЭУ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Применение жидкометаллического теплоносителя (ЖМТ) для отвода тепловыделений из активной зоны реактора позволяет вырабатывать пар более высокой температуры (на 100 °С и более), чем в водо-водяных реакторах, где теплоносителем служит обычная вода. Это положительно сказывается на массо-габаритных характеристиках и некоторых других показателях установок, что крайне важно для подводной лодки. Поэтому, как в США, так и в СССР, с самого начала работ над ЯЭУ для подводной лодки наряду с установками водяного типа разрабатывали установки и с жидкометаллическим теплоносителем.

В США в качестве теплоносителя применяли натрий (первый контур) и эвтектику натрия—



Памятная доска, установленная на здании в ФЭИ, где размещались стенды 27/ВМ и 27/ВТ

калий (промежуточный контур, отделяющий натрий в первом контуре от воды и пара во втором контуре). Однако в США это направление было ограничено лишь созданием натурального стенда («Mark-A», 1955 г.) и постройкой одной опытной подводной лодки («Sea Wolf», 1953—1957 гг.). После испытаний этой АПЛ и выполнения ею первого длительного похода, в связи с частыми трудноустраняемыми пожарами (натрий и эвтектика натрия—калий при контакте с воздухом, водой или паром бурно реагируют и горят), американцы отказались от использования подобных ЯЭУ.

В СССР предложение о создании ядерного реактора с ЖМТ для транспортных целей (АПЛ) впервые было выдвинуто А.И. Лейпунским (Лаборатория «В») в записке, направленной в сентябре 1952 г. в НТС ПГУ. Итогом работ по установкам с ЖМТ для подводных лодок в СССР поначалу также было создание натурального наземного стенда (27/ВТ) и строительство опытной АПЛ с ППУ на ЖМТ (АПЛ пр. 645). В последующем был создан еще один



Б.М. Шолкович,
главный конструктор
ОКБ «Гидропресс»



А.И. Лейпунский,
научный руководитель
ППУ с ЖМТ

наземный стенд (КМ-1) и построены шесть АПЛ (пр. 705 и 705К) с применением на них двух различных типов ППУ с ЖМТ.

Во всех отечественных проектах установок с ЖМТ в качестве теплоносителя использовали эвтектику свинец—висмут, температура плавления («замораживания») которой составляет 123 °С, а температура кипения около 1700 °С.

Первая ядерная ППУ с ЖМТ для стенда и для опытной АПЛ пр. 645 была разработана ОКБ «Гидропресс» (главный конструктор Б.М. Шолкович) при научном руководстве Лаборатории «В» (научный руководитель А.И. Лейпунский). ППУ имела реактор мощностью 73 МВт и вырабатывала пар в количестве 90 т/ч при температуре 350 °С и давлении 40 ат.

По сравнению с ППУ с водо-водяным реактором ППУ на ЖМТ в отсеке тех же размеров (диаметр 6,8 м, длина 12 м) имела несколько большую массу (на 75 т) и имела следующие отличия и особенности:

активная зона на промежуточных нейтронах с высокообогащенным (90%) топливом с бериллиевым замедлителем;

парогенераторы с многократно принудительной циркуляцией по второму контуру;

невысокое давление (до 20 ат) в первом контуре, корпус реактора сварной из нержавеющей стали; насосы первого контура турбоприводные с сальниками и газовой подушкой с системой возврата протечек сплава;

установка снабжена системой разогрева и поддержания в расплавленном состоянии теп-

лоносителя (эвтектика свинец—висмут в количестве 7,3 м³).

В 1957 г. в Лаборатории «В» был сооружен стенд с активной зоной реактора будущих установок стенда 27/ВТ и АПЛ пр.645, на котором начались первоначальные исследования. Не дожидаясь завершения разработки технического проекта ЯЭУ стенда 27/ВТ, уже с 1955 г. приступили к изготовлению оборудования для этого стенда.

Основное оборудование ППУ изготавливал Машиностроительный завод им. С. Орджоникидзе (г. Подольск), насосы для контуров и систем ППУ — Завод им. М. И. Калинина (г. Москва). Научно-техническое и экспериментальное обоснование проекта ППУ в целом, включая технологию изготовления активной зоны обеспечивала Лаборатория «В».

Монтаж стенда 27/ВТ был закончен к концу 1958 г.; в ноябре 1958 г. активная зона была загружена в реактор, в январе 1959 г. в первый контур ППУ был залит сплав свинец—висмут, в марте 1959 г. реактор стенда 27/ВТ был выведен на мощность 10% номинальной с выработкой пара проектных параметров.

Программа испытаний стенда 27/ВТ в первой кампании (с первой загрузкой активной зоны) выполнялась интенсивно и весьма успешно — уже в августе 1960 г. на стенде была достигнута полная мощность энергоустановки и к декабрю 1960 г. первая кампания была завершена (с выработкой 94% энергозапаса активной зоны).

В феврале-марте 1961 г. активная зона после расхолаживания была выгружена из реактора. При разборке активной зоны, ревизии и осмотре внутренних конструкций корпуса реактора было обнаружено значительное количество шлаков и оксидов (магния, железа, свинца). Корпус реактора и сплав первого контура требовали основательной чистки.

По решению, принятому в мае 1963 г., стенд 27/ВТ подлежал модернизации для обеспечения отработки активной зоны и парогенератора для нового проекта ППУ на ЖМТ (ППУ ОК-550 для АПЛ пр.705). В энергоустановке стенда 27/ВТ были заменены парогенератор и часть другого оборудования, загружена новая активная зона. В конце ноября 1966 г. стенд 27/ВТ вновь начал работать и до мая 1967 г. его эксплуатировали на мощностях 30—75% номинальной.



А.К. Назаров,
главный конструктор
АПЛ пр. 645

Во второй кампании в начале 1967 г. на стенде 27/ВТ вновь было отмечено существенное зашлаковывание оксидами сплава поверхностей и конструкций первого контура, в том числе, на входе в активную зону, что резко изменило распределение расхода теплоносителя через зону. Появление впоследствии (1968 г.) течи парогенератора вынудило

прекратить эксплуатацию стенда. Потребовалось провести ремонт парогенератора и выполнить работы по удалению из контура оксидов. В 1968—1975 гг. на стенде при ограниченной мощности реактора проводили работы по отладке режимов очистки и регенерации сплава в контуре, а затем ресурсные испытания парогенератора с виброизмерениями трубных поверхностей и некоторые другие проверки и испытания. Полностью очистить контур от оксидов и шлаков не удалось и в 1975 г. эксплуатацию стенда 27/ВТ во второй кампании прекратили. Этот стенд больше не восстанавливали, так как в НИТИ Минатома (г. Сосновый Бор) в это время уже заканчивали сооружение введенного в конце 1976 г. в строй нового полномасштабного натурального стенда судовой энергоустановки на ЖМТ (стенд КМ-1 с установкой ОК-550 под АПЛ пр. 705).

Опытная АПЛ пр. 645 (главный конструктор А.К. Назаров) с двухреакторной ППУ на ЖМТ, спроектированная СКБ-143 Минсудпрома (г. Ленинград), была заложена 15 июля 1958 г. на судозаводе № 402 (г. Молотовск), ныне Севмашпредприятие (г. Северодвинск). С учетом положительных результатов эксплуатации стенда 27/ВТ в первой кампании строительство опытной АПЛ пр. 645 было ускорено и 1 апреля 1962 г. опытная АПЛ пр. 645 была спущена на воду. К концу 1962 г. АПЛ была достроена, реакторы загружены активными зонами, первые контуры ППУ заполнены сплавом (табл. 8). В январе 1963 г. под председательством Н.А. Николаева (Минсредмаш) были проведены комиссионные комплексные

Таблица 8. Сроки создания натуральных стендов и первых опытных АПЛ с ЖМТ в США и СССР

Страна	Начало и окончание сооружения натурального стенда ЯЭУ с ЖМТ	Начало и окончание постройки первой АПЛ с ЖМТ
США	1951 г. — май 1955 г.	Сентябрь 1953 г. — май 1957 г.
СССР	1955 г. — февраль 1959 г.	Июль 1958 г. — декабрь 1962 г.

швартовные испытания ядерных энергоустановок на подводной лодке. Летом 1963 г. под председательством вице-адмирала Г.Н. Холостякова лодка прошла Государственные ходовые испытания с подписанием в конце октября 1963 г. Акта приемки.

После ревизии, устранения замечаний и проведения автономного похода длительностью 52 сут, в мае 1965 г. АПЛ пр. 645 была передана ВМФ в эксплуатацию. В 1965 г. лодка успешно выполнила второй автономный поход длительностью 60 сут.

С октября 1965 г. по сентябрь 1967 г. АПЛ пр. 645 проходила текущий ремонт.

В январе-марте 1966 г. в г. Северодвинске в плавдоке у пирса Севмашпредприятия на лодке были произведены перезарядки обоих реакторов под вторую кампанию (с большим энергозапасом). С сентября 1967 г. на АПЛ пр. 645 в составе ВМФ началась вторая кампания эксплуатации реакторных установок.

В походе 24 мая 1968 г. на ППУ левого борта АПЛ пр. 645 произошла тяжелая авария: вследствие зашлаковывания сплава и частичного перекрытия проходного сечения в активной зоне реактора и одновременного образования межконтурной неплотности в парогенераторе возникла гидродинамическая неустойчивость расхода сплава в реакторе. Из-за неправильных действий оператора, управлявшего установкой (вместо того, чтобы снизить мощность реактора оператор пытался удержать ее на заданном уровне), активная зона реактора была разрушена, и топливо в большом количестве попало в коммуникации первого контура и газовую систему, не имевшие достаточной биологической защиты. Многие члены экипажа АПЛ облучились. Обе ППУ на лодке были выведены из действия, сплав в первых контурах ППУ заморожен, лодка возвращена в базу и выведена из эксплуатации.

Спустя почти пять лет (в январе-феврале 1973 г.) на исправной ППУ (правый борт) АПЛ пр. 645 был осуществлен важный эксперимент. Установку по регламенту, разработанному ФЭИ и ОКБ «Гидропресс», под руководством сотрудников этих предприятий «разморозили» и вывели на мощность 20% номинальной с выработкой пара (турбогенераторный режим). Результаты этого опыта подтвердили практическую возможность «размораживать» теплоноситель свинец—висмут в первом контуре ППУ после его предварительного «замораживания», что очень важно для объектов с ППУ на ЖМТ.

Опытную АПЛ пр. 645 с двумя реакторами и находящимися в них «замороженными» активными зонами в сентябре 1981 г. затопили в Карском море на глубине около 50 м. Перед затоплением лодки все свободные пространства вокруг реакторов в отсеках ППУ были заполнены стойкими к морской воде специальными консервантами.

С конца 50-х годов в НИИ и КБ Минатома и Минсудпрома велись интенсивные поисковые исследования по разработке ядерной ППУ для автоматизированной высокоскоростной АПЛ малого водоизмещения с экипажем до 15—20 чел (лодки-истребителя надводных кораблей и АПЛ «противника»).

Идея создания подобной лодки (пр. 705) принадлежала академику А.П. Александрову и главному конструктору первой отечественной АПЛ пр. 627 В.Н. Перегудову. Эта идея была поддержана Д.Ф. Устиновым (в то время председателем ВПК при СМ СССР), министрами Б.Е. Бутома, Е.П. Славским, В.Д. Калмыковым и Главкомом ВМФ С.Г. Горшковым, которые в мае 1960 г. обратились с соответствующим письмом в ЦК КПСС. Специальным постановлением ЦК КПСС в июне 1960 г. это предложение и направление соответствующих работ были одобрены.

Было показано (разрабатывали 3 варианта ППУ: двухконтурная с водо-водяным реактором, одноконтурная с кипящим реактором и двухконтурная с реактором на ЖМТ), что для крайне ограниченных масс и габаритных размеров, отводимых для ППУ на лодке пр. 705, наилучшее решение обеспечивает ППУ на ЖМТ. При этом учитывали положительные результаты, полученные к тому времени на стенде 27/ВТ и на опытной АПЛ пр. 645, а

В.В. Стекольников,
главный конструктор
ОКБ «Гидропресс»



также определенную неуверенность в возможности быстрого решения выявившихся трудностей с ресурсной надежностью парогенераторов в ППУ водо-водяного типа. Поэтому для АПЛ пр. 705 выбрали ППУ на ЖМТ (трехпетлевая ППУ ОК-550 разработки ОКБ з-да № 92).

Одновременно было утверждено научное руководство работами по созданию АПЛ пр. 705: в целом по АПЛ пр. 705 — А. П. Александров (ЛИПАН ГКАЭ);

по ППУ — А.И. Лейпунский (ФЭИ ГКАЭ);

по комплексной системе автоматизации и управления техническими средствами (КСУТС) АПЛ — В. А. Трапезников (Институт автоматики и телемеханики АН СССР);

по электроэнергетическим системам АПЛ — А.Г. Иосифьян (Институт электромашиностроения Минэлектротехпрома).

Главными конструкторами были назначены:

по АПЛ в целом М.Г. Русанов (СКБ-143 Минсудпрома);

по ППУ И.И. Африкантов (ОКБ з-да № 92 Миноборонпрома);

по паротурбинной установке (ПТУ) — В.И. Кирюхин (СКБ Калужского турбинного завода Минсудпрома);

по КСУТС О.П. Демченко (НПО «Аврора» Минсудпрома).

Строительство АПЛ пр. 705 (ППУ ОК-550) было поручено ленинградскому заводу «Судомех» Минсудпрома (ныне «Адмиралтейские верфи»).

Несколько позже с инициативной разработкой варианта проекта ППУ на ЖМТ для пр. 705 выступило ОКБ «Гидропресс» (главный конструктор В.В. Стекольников) совместно с ФЭИ (научный руководитель А.И. Лей-

пунский). В этой проработке предлагалось иное схемно-конструктивное решение ППУ — в блочном исполнении и с симметричной схемой (две петли вместо трех), что упрощало состав установки и уменьшало объем монтажных работ на судостроительном заводе. Решением ВПК в октябре 1962 г. этот вариант установки под индексом БМ-40А был узаконен и АПЛ с ППУ БМ-40А был присвоен номер пр. 705К. Строительство АПЛ пр. 705К поручалось Севмашпредприятию (г. Северодвинск).

Эскизные проекты обеих ППУ (ОК-550 и БМ-40А) были утверждены в 1963 г., технические проекты — в 1965 г. Однако в связи с выявившимся в 1967 г. перевесом ППУ БМ-40А (приблизительно на 100 т), этот проект был переработан и вторично утвержден лишь в 1968 г.

ППУ ОК-550 и БМ-40А имели реакторы тепловой мощностью 155 МВт, что обеспечивало мощность на валу АПЛ в 40 тыс. л. с.

Неполадки, проявившиеся в 1967—1968 гг. на стенде 27/ВТ, и авария на опытной АПЛ пр. 645 потребовали серьезной переоценки и корректировки некоторых важных положений программы создания ядерных установок с ЖМТ для АПЛ. Стала очевидной недопустимость работы установки при течах парогенераторов (что ранее для ППУ допускалось). По специально принятым в 1971, 1972 и 1975 гг. программам по технологии ЖМТ пришлось разработать специальный регламент технологии ЖМТ применительно к ППУ ОК-550 и БМ-40А (поддержание требуемого качества сплава в контуре с введением соответствующего контроля, проведение периодической регенерации сплава и т. п.). Пришлось срочно дорабатывать проекты ППУ ОК-550 и БМ-40А (введение дополнительной биологической защиты, внесение изменений в конструкции парогенераторов, в другие системы), в связи с чем строительство АПЛ с этими установками было замедлено. Опытная АПЛ пр. 705 (ППУ ОК-550) была спущена на воду 22 апреля 1969 г. и достроена к сентябрю 1970 г.

Монтажные работы и отладка оборудования ядерной установки на АПЛ пр. 705 сопровождалась неоднократными серьезными неполадками. Явно сказывалась неотработанность оборудования, чрезмерная затесненность реакторного отсека и запаздывание с проверкой и

отработкой оборудования ЯЭУ на наземном стенде.

Комплексные комиссионные швартовные испытания ЯЭУ на АПЛ пр. 705 под председательством Б.П. Папковского (Минсредмаш) были проведены в Ленинграде в начале октября 1970 г. После перевода лодки в Северодвинск и проведения ревизии ППУ вновь выявилось много неисправностей и поломок. Из-за недостаточной вибропрочности трубной системы парогенератора, мощность ППУ вначале была ограничена 60% номинальной, а в сентябре 1971 г. после выхода из строя одной из трех петель — 36%.

Государственные ходовые испытания АПЛ пр. 705 под руководством Правительственной комиссии (председатель Г.М. Егоров) проводили в Белом море в конце 1971 г. на двух исправных петлях ППУ с ограничением мощности до 36% номинальной. В ходовых испытаниях опытной АПЛ пр. 705 участвовали входившие в Правительственную комиссию А.П. Александров, А.И. Лейпунский, В.А. Трапезников, А.Г. Иосифьян, В.И. Кирюхин, Б.П. Папковский, Ф.М. Митенков (ОКБМ), И.С. Белоусов (МСП), И.В. Коксанов (МОП) и другие специалисты. После успешно проведенных Государственных испытаний лодку передали флоту в опытную эксплуатацию и в начале 1972 г. перевели на базу ВМФ.

Однако уже в феврале 1972 г. вышла из строя еще одна петля ППУ с попаданием 700—800 л сплава в отсек, поэтому опытная эксплуатация лодки была прекращена. АПЛ отбуксировали обратно в Северодвинск на ремонтный завод «Звездочка» для выполнения ревизии и установления полной картины причин выхода ППУ из строя.

В августе 1972 г. скоропостижно скончался А.И. Лейпунский — научный руководитель работ по судовым ЯЭУ с ЖМТ. Новым научным руководителем работ стал Б. Ф. Громов (ФЭИ).

В результате ревизии выявились большие коррозионные



Б.Ф. Громов,
научный руководитель
работ по ЯЭУ с ЖМТ

повреждения наружных поверхностей труб первого контура и парового обогрева, недостаточная вибропрочность и эрозионные повреждения трубных систем парогенераторов. Опытную АПЛ пр. 705 не восстанавливали, она была списана из состава ВМФ.

Для уменьшения затесненности в отсеке ППУ на последующих АПЛ пр. 705 его длина была увеличена на 1200 мм, внесено много изменений в конструкции парогенератора и других систем. Решено было также форсировать начатое в 1968 г. сооружение в НИТИ натурального наземного стенда КМ-1 с установкой ОК-550.

В последующем, после введения в строй стенда КМ-1 и получения на нем важных результатов, подтвердивших правильность основных конструкторских решений проекта ППУ ОК-550, до 1981 г. было построено еще три АПЛ пр. 705 с ППУ этого типа.

Головная АПЛ пр. 705К (ППУ БМ-40А) была достроена к середине 1977 г. В июне Межведомственной комиссией были проведены комплексные швартовные испытания ЯЭУ, в августе-ноябре 1977 г. АПЛ прошла заводские и Государственные ходовые испытания и была передана флоту (приемный Акт был подписан в декабре 1977 г.). Кроме головной в последующем до 1980 г. было построено еще две АПЛ пр. 705К с ППУ БМ-40А.

В апреле 1982 г. в походе на головной АПЛ произошла авария ППУ (неправильные действия экипажа вызвали заброс сплава в отсек через импульсную трубку газовой системы). ППУ пришлось вывести из действия и «заморозить». Последующая ревизия ППУ выявила также неустраняемые большие коррозионные повреждения трубных систем парогенератора со стороны второго контура (вследствие интенсивной электрохимической коррозии), потребовавшие замены отсека ППУ (запасной комплект установки БМ-40А имелся).

Созданный в НИТИ стенд КМ-1 с установкой ОК-550 успешно эксплуатировали 1978 по 1987 гг. с нормальным состоянием сплава в первом контуре и с сохранением герметичности твэлов активной зоны вплоть до полной выработки ее энергозапаса.

АПЛ пр. 705 и 705К, также нормально эксплуатировавшиеся в течение нескольких лет, имели рекордно высокую подводную скорость (более 40 узлов) и большую маневренность,

успешно выполнили несколько длительных автономных походов.

Вместе с тем даже при исправных ППУ эксплуатация лодок пр. 705 и 705К с ППУ на ЖМТ имела определенные сложности — трудность устранения неисправностей (чрезмерная затесненность отсека ППУ и горячие поверхности оборудования), необходимость при нахождении на базе постоянной связи с дополнительным энергоисточником (береговой котельной) для поддержания контура в разогретом состоянии, необходимость в периодической регенерации теплоносителя. Поэтому с начала 90-х годов, когда флот стал резко сокращаться, АПЛ пр. 705 и 705К начали выводиться из эксплуатации.

Часто высказывается суждение, что получившее в России достаточное развитие направление работ по судовым ППУ с ЖМТ было неоправданным. Однако это утверждение неверно по следующим соображениям:

направление работ по судовым ЯЭУ с ЖМТ было не очень накладно для страны при масштабе работ по судовым ЯЭУ в целом (12 ППУ с ЖМТ и более 450 ППУ с водо-водяными реакторами):

существование второго направления положительно сказывалось на технических решениях основного направления (соревнование разработчиков, обмен и заимствование новых прогрессивных конструкторских решений и т.п.);

в ППУ с ЖМТ впервые были разработаны и доведены до реализации такие важные идеи и новшества, как комплексная автоматизация установок, компоновка с минимальными массо-габаритными характеристиками, широкое применение новых материалов (титановых сплавов, гидридов металлов и др.), что нашло применение и в основном направлении с водо-водяными реакторами.

В России, как ни в одной стране мира, работы и исследования с теплоносителем свинец—висмут проводились более 40 лет, и позволили получить важные практические результаты. Российский опыт работ в этой области важен и уникален. В Минатоме активными и последовательными сторонниками работ над судовыми ЯЭУ с ЖМТ являлись и до настоящего времени остаются Физико-энергетический институт и ОКБ «Гидропресс».

За работы и исследования над судовыми

ЯЭУ с ЖМТ дважды присуждались Ленинские премии (1961 и 1964 гг.) и Государственная премия СССР (1981 г.). За создание АПЛ пр. 705 и 705К и стенда КМ-1 большое число сотрудников НИИ, КБ и заводов, принимавших участие в этих работах, были отмечены правительственными наградами. За разработку и создание ППУ БМ-40А главный конструктор этой установки В.В. Стекольников (ОКБ «Гидропресс») в 1981 г. был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Несмотря на то что годы работы и исследования по этому направлению были практически свернуты, не исключено, что в будущем, при создании объектов военного назначения или безопасных гражданских судов с ЯЭУ, указанный российский опыт вновь будет востребован.

ЯЭУ ДЛЯ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ

В СССР параллельно с разработкой первой АПЛ с отставанием всего на полгода-год осуществляли также разработку первого в мире гражданского судна с ЯЭУ — атомного ледокола.

Предложение о строительстве мощного ледокола с ЯЭУ для Арктики, выдвинутое академиком А.П. Александровым и И.В. Курчатовым совместно с руководителями промышленности и Морфлота (В.А. Малышевым, И.И. Носенко, А.П. Завенягиным, З.А. Шашковым), которое в ноябре 1953 г. было принято правительством.

Появление мощного атомного ледокола в Арктике должно было обеспечить проводку караванов судов в тяжелых ледовых условиях, сократить длительность таких проводок и в дальнейшем позволить практически круглогодичную навигацию вдоль всего Севера Союза.

Создание отечественного атомного ледокола не только позволяло более интенсивно осваивать районы Арктики, эффективно использовать Северный морской путь как важнейшую транспортную магистраль страны, но и служило одновременно дополнительной демонстрацией планов и серьезных намерений СССР в использовании ядерной энергии в мирных целях.

Проектирование атомного ледокола (объект 92) было поручено Ленинградскому ЦКБ-15

(ныне ЦКБ «Айсберг»). Главным конструктором ледокола был назначен В.И. Неганов.

Разработка реакторной установки в целом возлагалась на Горьковское ОКБ завода № 92 (ныне ОКБМ Минатома). Главным конструктором реакторной установки был утвержден И.И. Африкантов.

Научное руководство созданием атомного ледокола было возложено на А.П. Александрова, а реактора — на И.В. Курчатова, который позднее передал свои полномочия А.П. Александрову.

К разработке основных важнейших элементов ЯЭУ были привлечены ОКБ-12 (системы управления и защиты реактора), СКБК Балтийского завода (парогенераторы), ВИАМ (ТВЭЛы активной зоны реактора), СКБ ЛКЗ (главные турбины), завод «Электросила» (главные турбогенераторы и электродвигатели), Калужский турбинный завод (вспомогательные турбогенераторы), ЦКБА (арматура) и др.

ЯЭУ для ледокола создавалась без предварительного сооружения и отработки наземного прототипа установки.

Строительство атомного ледокола было поручено ленинградскому «Адмиралтейскому заводу».

Были определены следующие основные характеристики атомного ледокола: водоизмещение 16 000 т, длина 134 м, ширина 27,6 м, максимальная скорость на чистой воде 19,5 узлов, автономность плавания 1 год. Мощность главных машин установлена в 44 000 л.с. при работе трех винтов. Предусматривалось надежное повышенное резервирование систем и оборудования энергосиловой установки — 3 реактора, 4 главных турбогенератора, 2 электростанции с 5 вспомогательными турбогенераторами и резервным дизель-генератором.

Каждый реактор имел две петли циркуляции со своим парогенератором и 2 циркуляционными насосами.

Реакторы мощностью по 90 МВт обеспечивали суммарное производство 360 т/ч пара при температуре до 310 °С и давлении 28 ат. В первых загрузках активных зон реакторов применяли топливо на основе диоксида урана с 5%-ным обогащением по урану-235 (общая масса урана-235 85 кг).

Разработка эскизного проекта реакторной установки (ОК-150) для атомного ледокола была завершена в мае 1954 г. и в июле этого



Атомный ледокол «Ленин»

же года проект утвержден. Технический проект был закончен в марте и утвержден в апреле 1955 г.

Закладка ледокола на «Адмиралтейском заводе» состоялась 17 июля 1957 г., спуск на воду ледокола для последующей достройки был произведен 5 декабря 1957 г.

В течение 1955—1958 гг. на Горьковском и Волгоградском заводах изготавливали основное оборудование и системы ЯЭУ, которые по мере изготовления поступали на монтаж непосредственно на корабль.

К лету 1959 г. монтаж всех трех реакторных установок и загрузка активных зон в реакторы были завершены, проведены швартовные испытания энергосиловой установки у стенки завода и 3 декабря 1959 г., после успешно проведенных Государственных ходовых испытаний, атомный ледокол, получивший наименование «Ленин», был передан в эксплуатацию Морфлоту с припиской его к Мурманскому морскому пароходству.

Создание первого в мире гражданского судна с ЯЭУ представляло выдающееся достижение отечественных ученых, конструкторов и заводов. Эта работа отмечена в 1960 г. Ленинской премией; ОКБ з-да № 92 награждено орденом Ленина; А.П. Александрову, И.И. Африкантову и В.И. Неганову присвоено звание Героев Социалистического Труда, большая группа участников решения этой проблемы удостоена правительственных наград.

Интересно отметить, что первое гражданское судно с ядерной установкой в США («Саванна») вступило в строй лишь в 1962 г., немецкое судно («Отто Ганн») — в 1968 г., а японское («Муцу») — в 1974 г. Опыт использования указанных судов был недолгим, к на-

стоящему времени все эти суда по разным причинам списаны.

Уже первые годы участия ледокола «Ленин» в арктических навигациях подтвердили его исключительную эффективность — через льды Северного морского пути было проведено много судов, удлинены сроки навигаций, ледоколы проложили новые трассы, в том числе высокоширотные. Несмотря на то реакторной установке ОК-150 выявился ряд узких мест и проявилась недостаточная надежность некоторого оборудования (парогенераторов, электродвигателей), предусмотренное резервирование этого оборудования позволило провести все навигации ледокола без срывов, случавшиеся поломки и отказы устраняли в межнавигационные ремонты на созданной при Мурманском пароходстве базе обслуживания и ремонта атомных судов.

Ежегодные достаточно трудоемкие и дорогостоящие межнавигационные ремонты ядерной установки, часто связанные с необходимостью замены радиоактивно-загрязненного оборудования, породили определенные отрицательные настроения к судовой ядерной энергетике у части руководства Минморфлота. Вместе с тем для конструкторов и создателей первой ядерной установки для ледокола «Ленин» стало ясным, что и как следует изменить в схеме ЯЭУ и в конструкциях ее оборудования.

Поэтому после шестой навигации атомный ледокол «Ленин» был поставлен в 1966 г. на модернизацию. До этого ледокол провел 405 судов, прошел во льдах более 60 тыс. миль, атомная установка наработала более 26 000 ч.

Модернизационные работы на ледоколе выполнялись на судоремонтном заводе «Звездочка» в г. Северодвинске. Отсек с первой атомной установкой ОК-150 (с предварительно выгруженными активными зонами) в 1967 г. был удален с ледокола и затоплен.

Взамен установки ОК-150 была создана установка ОК-900, которую как и ОК-150 разрабатывали



Н.С. Хлопкин,
научный руководитель
проекта установки ОК-900

Таблица 9. Гражданские атомные суда, построенные в России

Судно	Тип энергоустановки	Мощность ГЭУ, тыс. л.с.	Спуск на воду для достройки	Вступление в строй
«Ленин»	ОК-150	44	Декабрь 1957 г.	Декабрь 1959 г.
	ОК-900	44		Сентябрь 1970 г.
«Арктика»	ОК-900А	75	Декабрь 1972 г.	Апрель 1975 г.
«Сибирь»	ОК-900А	75	Февраль 1976 г.	Декабрь 1977 г.
«Россия»	ОК-900А	75	Ноябрь 1983 г.	Декабрь 1985 г.
«Советский Союз»	ОК-900А	75	Октябрь 1986 г.	1989 г.
«Ямал»	ОК-900А	75	Октябрь 1989 г.	1993 г.
«50 лет Победы»	ОК-900А	75	Декабрь 1994 г.	Продолжается строительство
«Таймыр»	КЛТ-40	50	Апрель 1987 г.	1989 г.
«Вайгач»	КЛТ-40	50	Июль 1988 г.	1990 г.
«Севморпуть»	КЛТ-40	50	Февраль 1986 г.	1988 г.

ОКБМ Минатома (главный конструктор И.И. Африкантов) под научным руководством ИАЭ им. И.В. Курчатова (научные руководители А.П. Александров и Н.С. Хлопкин).

В новой установке вместо трех реакторов предусматривалось лишь два, горизонтальные насосы заменены двухскоростными вертикальными, паровая система компенсации объема заменена газовой, серьезно были изменены конструкции корпуса реактора и некоторые другие узлы и системы.

К лету 1970 г. после изготовления всего нового оборудования установки ОК-900 оно было смонтировано на ледоколе, установка прошла испытания, в том же году ледокол «Ленин» принял участие в арктической навигации.

Эффективность эксплуатации атомного ледокола «Ленин» и очевидная перспективность дальнейшего развития этого направления использования ядерной энергии послужили основанием (постановление правительства, принятое в августе 1964г.) для заказа проектирования и строительства в стране серии более мощных атомных линейных ледоколов — «Арктика», «Сибирь», «Советский Союз», «Ямал», «50 лет Победы». Несколько позднее был оформлен заказ на проектирование и строительство атомного лихтеровоза-контейнеровоза «Севморпуть» (постановление правительства, принятое в ян-

варе 1976 г.) Все ледоколы отныне строились на Балтийском судостроительном заводе, а лихтеровоз-контейнеровоз — на Керченском судостроительном заводе.

Помимо линейных ледоколов с двухреакторными установками были спроектированы и по заказу СССР построены в Финляндии два мелкосидящих ледокола (с уменьшенной осадкой) с однореакторными установками; эти ледоколы предназначались в основном для вскрытия устьев Сибирских рек. Монтаж реакторных установок, испытания и сдачу ледоколов финской постройки выполнял Балтийский судостроительный завод.

Для всех указанных атомных судов были разработаны более совершенные энергоустановки под индексами ОК-900А, и КЛТ-40 с реакторами тепловой мощностью 171 МВт, ресурсом работы оборудования не менее 100 000 ч, кампанией активной зоны в 5 раз большей, чем на установке ОК-150.

Эти установки во многом повторяли модифицированную установку ОК-900 ледокола «Ленин», но имели большую мощность (на линейных ледоколах 2 реактора обеспечивали мощность на валах 75 000 л. с., а на мелкосидящих ледоколах и на «Севморпути» один реактор обеспечивал мощность на валах 50 000 л. с.). Все основное оборудование установок ОК-900, ОК-900А и КЛТ-40 было унифициро-

вано, что создавало удобство при его изготовлении, монтаже и эксплуатации на судах, обучении обслуживающего персонала, проведении межнавигационных ревизий и ремонтов (табл. 9).

О надежности и уровне ядерной и радиационной безопасности созданных отечественных ЯЭУ для ледоколов и лихтеровоза свидетельствует следующее:

достигнут ресурс безотказной работы оборудования и систем реакторных установок, превышающей 100 тыс. ч., имеются все основания рассчитывать, что они смогут работать без замены или ремонта в течение всего срока службы судна, т. е. порядка 35—40 лет;

при эксплуатации в течение более чем 35 лет ледокольных реакторных установок не было ни одного случая ядерного или радиационно-опасного инцидента, который привел бы к срыву рейса, облучению обслуживающего персонала или отрицательному воздействию на окружающую среду;

у обслуживающего персонала ни разу не отмечалось профессиональных заболеваний, связанных с работой на реакторной установке.

В настоящее время гражданский атомный флот играет определяющую роль в освоении Арктики и в обеспечении транспортирования важных народнохозяйственных грузов на Севере России.

17 августа 1977 г. ледокол «Арктика» в специально организованном научно-экспериментальном рейсе впервые в истории достиг Северного полюса. За участие в этом походе и за общий большой вклад в разработку и создание ЯЭУ для атомных ледоколов научный руководитель этих работ Н.С. Хлопкин (ИАЭ) был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

В последние годы наши атомные ледоколы неоднократно посещали Северный полюс, в том числе выполняя круизы.

Помимо своего основного назначения реакторные установки атомных ледоколов давали возможность набирать статистику длительного использования оборудования и систем ядерных энергоустановок, испытывать различные элементы активных зон, в том числе предназначенные для использования в установках АПЛ и боевых надводных кораблей ВМФ.

В настоящее время только Россия обладает действующим, эффективно эксплуатирую-

щимся гражданским атомным флотом, а в НИИ и КБ Минатома накоплен огромный научный, проектно-конструкторский и эксплуатационный опыт и потенциал в этой области.

Созданные отечественные судовые ЯЭУ и соответствующие судовые технологии эффективно и экономически выгодно могут быть использованы при создании плавучих электростанций и водоопреснительных комплексов, потребность в которых велика как в России, так и в мире, причем существуют уже серьезные многообещающие проработки и проекты. В частности, на базе ледокольных реакторных установок разработан технический проект и технико-экономические обоснования первой плавучей атомной электростанции для использования ее в г. Певеке (Чукотка).

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ, КОНСТРУКТОРСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗ ПО РАЗРАБОТКЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЮ И ИСПЫТАНИЮ СУДОВЫХ ЯЭУ

Как указывалось выше, первоначально работы над судовой ЯЭУ были начаты и велись в ЛИПАН (АН СССР), Лаборатории «В» (МВД) и в НИИХИММАШ (Минмашприбор) под эгидой Первого главного управления (ПГУ), вскоре преобразованного в Минсредмаш. Практически сразу же к ним были подключены НИИ-9, подведомственный ПГУ и ранее участвовавший в работах по атомной тематике (радиохимические и разделительные производства), а также несколько институтов и КБ других ведомств — СКБК Минсудпрома; ОКБ завода № 92; СКБ и ОКБ ленинградского Кировского завода Миноборонпрома; ОКБ «Гидропресс» Минэнерготяжмаша; ВИАМ и ОКБ-12 Минавиапрома; ПКБ-12 и НИИ-теплоприбор Минприбора; Институт биофизики Минздрава.

По мере развертывания этой проблемы к НИОКР были подключены: Институт машиноведения и Институт химической физики АН СССР; ЦНИИ им. А.Н. Крылова (отделения энергетики и автоматики), ЦНИИ металлургии и сварки, ЦНИИ технологии судостроения Минсудпрома, НИИ-1 Минрадиопрома и некоторые другие НИИ и КБ различных ведомств.

Изготовление основного оборудования и систем для судовых ЯЭУ было поручено Электростальскому машзаводу (ЭМЗ) Минсредмаша (активные зоны); заводам № 92, «Баррика-

ды» и ленинградскому Кировскому заводу Миноборонпрома (реакторы, компенсаторы объема, механизмы СУЗ, главные турбины, насосы, арматура, перегрузочные комплексы и пр.); Балтийскому, Хабаровскому и Калужскому турбинным заводам Минсудпрома (парогенераторы, турбогенераторы); Сумскому машиностроительному заводу и заводу «Знамя труда» Минхиммаша (теплообменники, арматура); заводам Минчермета и Минцветмета (трубы, в том числе, тонкостенные для оболочек твэлов, специальные сплавы и материалы, графит); заводу «Сигнал» Минсредмаша (приборы и системы радиационного контроля).

В 1953 г. на базе подразделений НИИХИММАШ был создан специальный научно-исследовательский конструкторский институт (НИИ-8), который был переведен из Минмашприбора в Минсредмаш, а затем в созданное в стране новое ведомство — Главное управление (1957 г.), преобразованное в 1960 г. в Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР (ГКАЭ). В июле 1953 г. из системы МВД в Минсредмаш была переведена Лаборатория «В», получившая в 1960 г. наименование Физико-энергетический институт (ФЭИ).

В мае 1958 г. из Минрадиопрома в систему ГКАЭ был переведен НИИ-1, преобразованный в 1963 г. в СНИИП — головной институт в ГКАЭ по атомному приборостроению и системам радиационного контроля. В 1960 г. в систему ГКАЭ был передан ИАЭ им. И.В. Курчатова (бывший ЛИПАН).

В мае 1956 г. правительство приняло постановление о создании в системе ГКАЭ в г. Мелекессе (Димитровграде) Научно-исследовательского института атомных реакторов (НИИАР) как базы исследований в области реакторного материаловедения.

В связи с широким развитием в стране работ по судовым ЯЭУ и началом крупных работ по созданию АЭС в ноябре 1963 г. по решению правительства четыре конструкторских организации (ОКБ завода № 92, ОКБ ленинградского Кировского завода, ОКБ «Гидропресс» и СКБ завода им. Я.М. Свердлова, объединенное с ОКБ ЛКЗ) были переданы из других ведомств в систему ГКАЭ.

В 1965 г. ГКАЭ со всеми входящими в этот Комитет НИИ и КБ был объединен с Минсредмашем.

Указанные решения, ведомственные переподчинения и реорганизации были очень своевременны. В системах ГКАЭ и Минсредмаша быстро и мощно развивались как научные и конструкторские подразделения, НИИ и КБ, так и экспериментальные и опытно-производственные базы при них. НИКИЭТ (бывший НИИ-8), ОКБМ (бывший ОКБ завода № 92) и ОКБ «Гидропресс» становятся главными комплексными разработчиками ППУ судовых ЯЭУ различного назначения.

В связи с началом и развертыванием в стране работ по ЯЭУ для подводной лодки, еще в 1952 г. при ПГУ по решению правительства была учреждена специальная секция № 8 НТС, включающая крупных ученых, конструкторов, руководителей ведомств и ВМФ, призванная рассматривать и решать наиболее важные принципиальные вопросы, касающиеся разработки, создания и эксплуатации судовых ЯЭУ. Решения этой секции НТС были обязательными для исполнения всеми ведомствами и предприятиями промышленности и АН СССР. Председателем первого состава этой секции НТС был заместитель председателя Совмина В.А. Малышев, затем его сменил академик А.П. Александров, возглавлявший секцию более 40 лет. Эта межведомственная секция НТС, переведенная в 1953 г. во вновь образованное министерство — Минсредмаш, затем в ГКАЭ (1960—1965 гг.) и с 1965 г. снова в Минсредмаш, систематически обновлялась и постоянно активно функционировала, сохранив свой авторитет и значимость.

Важную роль в определении необходимых нейтронно-физических констант высоконапряженных малогабаритных активных зон, разработке и уточнениях методик расчета подобных зон сыграли созданные в 1952—1955 гг. в ЛИПАН, ОКБ з-да № 92 и Лаборатории «В» критические сборки, а также холодные крит-стенды на Электростальском машиностроительном заводе, судозаводах в Северодвинске и Комсомольске-на-Амуре, в ЦНИИ им. А.Н. Крылова (Ленинград) и горячие крит-стенды в ИАЭ и ОКБМ.

Необходимо отметить огромную роль в развитии судовой ядерной энергетики созданных в ФЭИ первых натуральных наземных стендов судовых ЯЭУ (27/ВМ с реактором водо-водяного типа, введенного в строй в марте 1956 г., и 27/ВТ с реактором на ЖМТ, введенного в фев-

рале 1959 г.). На этих стендах была получена уникальная информация по реакторным константам и физике компактных активных зон, управлению и регулированию такими зонами, теплогидродинамике и переходным процессам действующих ППУ, работе оборудования ППУ, биологической защите реакторов и т. п.

Очень важную роль в улучшении и ведении работ по корабельной ядерной энергетике сыграло принятое в феврале 1962 г. специальное постановление ЦК КПСС и СМ, возложившее на ГКАЭ руководство всеми работами по разработке и созданию реакторов и другого оборудования первого контура корабельных энергетических установок, одновременно обязавшее все другие ведомства руководствоваться при изготовлении, испытаниях и поставках оборудования требованиями и правилами ГКАЭ.

В 1962—1968 гг. специалисты ГКАЭ (МСМ) разработали, издали и ввели в действие важные нормативные документы, регламентирующие разработку, изготовление и испытание судовых ядерных ППУ и оборудования для них, требования по ядерной безопасности судовых ППУ и чистоте изготавливаемого оборудования, нормы гидроиспытаний и радиохимического контроля рабочих сред контуров ППУ, правила физического пуска реакторов и т. п.

С 1962 года в ГКАЭ был организован и налажен систематический выпуск специального «Информационного бюллетеня» с помещением в нем сообщений о всех имевших место неисправностях, поломках или авариях в ППУ на АПЛ и о принятых мерах по их устранению.

В обеспечение работ и исследований по тематике судовых ЯЭУ на исследовательских реакторах в системе ГКАЭ — Минсредмаша (ИАЭ, НИИАР, ФЭИ и НИКИЭТ) были сооружены специальные петли и устройства для радиационных, прочностных и других испытаний конструкционных материалов, топливных композиций и вновь создаваемых материалов биологической защиты.

В 1960—1967 гг. под руководством НИКИЭТ был осуществлен подбор и последующие исследования защитных и санитарно-гигиенических свойств свыше 40 различных материалов (борсодержащих сплавов, гидридов титана, высокомолекулярных полимеров, цементов, серпентинитовых бетонов и т. п.).

В ИАЭ и НИИАР были созданы специаль-

ные защитные материаловедческие и радиохимические лаборатории для исследований облученных материалов, отработавших ТВС и узлов конструкций.

В НИИ и КБ Минсредмаша были созданы крупные тепловые и гидравлические стенды для проверки, отработки и испытаний (в том числе, ресурсных) полномасштабных образцов парогенераторов и насосов, стенды для испытаний исполнительных механизмов СУЗ, различных приборов, арматуры и т. п. В ОКБМ был разработан мощный стенд для испытаний на удароустойчивость узлов и оборудования судовых ЯЭУ.

Для обучения экипажей АПЛ первого и второго поколений в г. Палдиски (Эстония) был организован Учебный центр ВМФ. В этом центре сооружены и соответственно в 1968 г. и в 1983 г. введены в строй наземные стенды с натурными энергоустановками ВМ-А (стенд 346А) и ВМ-4 (стенд 346Б). Стенды в Учебном центре действовали до конца 80-х годов, после чего были выведены из эксплуатации в связи с нестабильностью обстановки, сложившейся в Прибалтике.

Большой объем конструкторско-экспериментальных работ осуществляли по повышению надежности и ресурса оборудования и систем судовых ЯЭУ; первоначально назначенный ресурс оборудования 4500 ч и продолжительность кампании активной зоны 1500 ч уже через несколько лет возросли соответственно до 12 тыс. ч и 5 тыс. ч.

В апреле 1975 г. ЦК КПСС и СМ СССР приняли специальное постановление с программой работ, ставящих своей целью повысить к 1982 г. ресурс оборудования и систем судовых установок сначала до 40, а затем до 60 тыс. ч, а кампанию активных зон таких установок довести до 10 тыс. ч. Работы по этой программе к указанному сроку были в основном выполнены.

В целях развития испытательно-исследовательской базы судовых ЯЭУ в июле 1962 г. было принято постановление о создании под Ленинградом в пос. Калище (ныне г. Сосновый Бор) филиала ИАЭ им. И.В. Курчатова — Государственной испытательной станции (ГИС) по отработке стендовых наземных полномасштабных прототипов судовых ЯЭУ. ГИС была оборудована мощными экспериментальными измерительно-вычислитель-

ными комплексами, включая самые современные отечественные аналоговые и цифровые ЭВМ; организованы и начали функционировать лаборатории динамических процессов, физики и теплофизики, радиохимии, металлографии, экологии окружающей среды, метрологическая служба, конструкторский отдел и механический цех.

В 1971 г. на ГИС был введен в строй первый наземный стенд ВАУ-6с — натурный образец ЯЭУ, используемый в качестве вспомогательного энергоисточника для модернизации дизельных ПЛ. Этот стенд действовал до 1988 г., отработав две кампании.

В конце 1975 г. на ГИС был завершён монтаж и начались испытания стенда КВ-1 (ППУ водо-водяного типа под АПЛ третьего поколения). С 1976 г. после окончания сдаточных испытаний стенд продолжает функционировать уже в третьей кампании.

В конце 1976 г. на ГИС был достроен стенд КМ-1 (ППУ на ЖМТ под АПЛ пр.705), который прошёл испытания в мае-июне 1978 г., а затем эксплуатировался до августа 1987 г. с полной выработкой энергозапаса активной зоны.

В 1979 г. ГИС была преобразована из филиала ИАЭ в самостоятельный институт — Научно-исследовательский технологический институт (НИТИ) Минсредмаша.

Особенно важно и своевременно стало создание и проведение испытаний опытной энергоустановки под АПЛ третьего поколения (стенд КВ-1), за что участникам этих работ в 1978 г. была присуждена Ленинская премия. Кроме того, за создание в НИТИ специальных экспериментально-измерительных комплексов и разработку методик по постановке испытаний и исследований стендовых энергоустановок в 1984 г. была присуждена Государственная премия СССР.

В 1996 г. в НИТИ после завершения монтажа и проведения межведомственных испытаний был введен в строй ещё один стенд — КВ-2 (ППУ под АПЛ перспективных проектов), эксплуатация которого продолжается.

Таким образом, по тематике судовых ЯЭУ Россия к настоящему времени располагает мощным конструкторским, научно-исследовательским и производственным потенциалом. В системе Минатома под эту тематику специализированы конструкторские и исследовательские подразделения основных ведущих НИИ и

КБ отрасли, созданы современная стендовая и исследовательская база. Имеются налаженные производства активных зон и систем радиационного контроля и развитые специализированные опытные производства при НИИ и КБ, способные изготавливать единичные и малосерийные образцы основного оборудования для новых судовых установок, различного рода оснастку, приборы и приспособления.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ СУДОВОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В России успешно и полностью решена сложнейшая научно-техническая проблема создания надежных и безопасных судовых ядерных установок различного назначения (для подводных лодок и надводных кораблей ВМФ и для гражданские судов). Российские ученые и конструкторы решили эту проблему самостоятельно, т. е. без технической помощи и без поступления какой-либо информации из-за рубежа.

По состоянию на 1996 г. в России было построено порядка 250 АПЛ различных классов, 4 атомных крейсера, атомный корабль связи, 8 атомных ледоколов и атомный контейнеровоз-лихтеровоз «Севморпуть». По числу атомных судов, а тем более судовых реакторов (большинство отечественных АПЛ двухреакторные), Россия существенно превосходила все остальные страны мира вместе взятые.

Несмотря на излишнее разнообразие проектов отечественных АПЛ, доведенных до реализации за истекшие более 40 лет, для всех АПЛ применяли в основном три типа унифицированных реакторных установок — ВМ-А для первого, ВМ-4 для второго и ОК-650 для третьего поколения АПЛ; для всех гражданских судов используют одну унифицированную реакторную установку ОК-900 (КЛТ-40).

Разработка и создание отечественных судовых ЯЭУ изначально шли оригинальным и прогрессивным техническим путем — применение прямоточных парогенераторов, генерация перегретого пара, наличие мощных органов регулирования реактором, газовая система компенсации объема теплоносителя, применение титановых сплавов и т. п. Успешное решение научных и технических сложностей при реализации этого пути предопределило существенные преимущества отечественных судовых ЯЭУ перед аналогичными зарубежными

(американскими) установками по массе, габаритным размерам и экономичности. В итоге до сих пор энерговооруженность и скорость подводного хода российских АПЛ значительно выше по сравнению с американскими.

В России сформировались коллективы конструкторов, расчетчиков и исследователей, специализировавшихся на разработке судовых ЯЭУ и создавших свои школы и традиции. Российские НИИ и КБ сегодня располагают развитыми исследовательскими и опытно-производственными базами, а также стендами по этой тематике, позволяющими осуществлять на них отработку и обоснование новых конструкторских идей по судовым ЯЭУ.

В России созданы судостроительные, машиностроительные и приборостроительные производства, обеспечивающие строительство практически любых кораблей и судов с ЯЭУ и изготавливать для них все необходимое оборудование, системы и приборы.

В НИИ и КБ Минатома к настоящему времени разработаны нормы, правила и требования, охватывающие весь жизненный цикл судовых ЯЭУ (конструирование, изготовление и отработка оборудования, испытания установок, их эксплуатация, ремонты и вывод из эксплуатации).

Прекращение холодной войны, договоры между СССР и США по ОСВ-1 и ОСВ-2, недостаток средств на модернизацию АПЛ и одновременное моральное устаревание многих АПЛ постройки 50-х годов привели к необходимости с начала 90-х годов активного вывода из эксплуатации большого числа АПЛ первого и второго поколений. Распад СССР в 1991 г. и изменение военно-стратегических приоритетов отразился и на программе военного кораблестроения — существенно сократилось число заказов на строительство АПЛ второго и третьего поколений. Аналогичная ситуация в отношении вывода из эксплуатации устаревших АПЛ и сокращения строительства АПЛ новых проектов наблюдается и в США.

В течение последних лет в России из состава ВМФ было выведено около 180 АПЛ. Военно-морской флот России оказался неподготовленным к подобной ситуации:

не хватало перегрузочных комплексов и плавучих баз для выгрузки активных зон из реакторов;

недостаточны емкости береговых хранилищ для хранения выгружаемых зон;

необходимы новые, отвечающие ужесточенным требованиям по ядерной и радиационной безопасности, вагоны и транспортные контейнеры для вывоза отработавших зон на комбинат-переработчик;

не были разработаны технологии консервации и регламенты длительного хранения реакторных отсеков с выгруженными активными зонами;

отсутствовали подготовленные хранилища для длительного содержания реакторных отсеков;

не хватало специального оборудования и инструментария для разрезки корпусов АПЛ и разделки чистых отсеков на металлолом.

Положение осложнялось резким сокращением финансовых средств, выделяемых на цели, связанные с выводом из эксплуатации и утилизацией АПЛ, а также тем, что наша страна подписала и ратифицировала международную конвенцию о запрещении с 1991 г. сборов в море радиоактивных отходов.

С учетом указанных обстоятельств, сопровождавшихся одновременным сокращением заказов на новые проекты судовых ЯЭУ, НИИ и КБ Минатома пришлось срочно переоценить приоритеты и изменить планы своей ближайшей деятельности по этой тематике. В течение последних лет основные усилия НИИ и КБ были направлены на выработку и детальную разработку концепций по обращению с реакторными отсеками и активными зонами выводимых из эксплуатации АПЛ, исследования, связанные со сбором, хранением и переработкой жидких и твердых радиоактивных отходов, разработку технологий разделки АПЛ и консервации реакторных отсеков, разработку и создание новых конструкций транспортных контейнеров и вагонов для вывоза отработавших активных зон и пр.

К середине 90-х годов большинство задач, связанных с утилизацией выводимых из эксплуатации АПЛ, технологически и технически были решены.

К этому времени Минатом создал разделяемую Миноборонпромом и ВМФ четкую концепцию на весь этот сложный процесс — разработаны технологии разделки АПЛ, консервации и длительного хранения реакторных отсеков, имеются планы с графиками на соот-

ветствующие работы, созданы и аттестованы новые конструкции транспортных контейнеров и вагонов для вывоза отработавших зон, заводам выданы заказы на изготовление дополнительных перегрузочных комплексов и плавбаз, транспортных контейнеров, спецвагонов и т. п.

Отныне ход утилизации АПЛ полностью зависит от объемов финансирования, выделяемых на эти цели Минобороны (ВМФ), Минотому и Миноборонпрому.

Нелишне отметить, что проблему обращения с судовыми ЯЭУ после вывода АПЛ из эксплуатации российские НИИ и КБ решали совершенно самостоятельно без какой либо технической или материальной помощи зарубежных стран, хотя США приступили к решению данной проблемы значительно ранее России.

Сокращение объемов тематики по судовой ядерной энергетике, возникшие сложности с содержанием недогруженных специализированных коллективов, занятых ранее этими работами, вынудили эти коллективы частично переключиться на другую тематику, часть специалистов покинули НИИ и КБ.

Несмотря на все сложности и определенную неясность с перспективой работы по тематике судовых ядерных энергоустановок не прерывались и даже в этих условиях достигнуты некоторые важные результаты:

в начале 1996г. в НИТИ (г.Сосновый Бор) введен в строй стендовый прототип новой судовой ЯЭУ;

2 ноября 1996г. в г. Северодвинске на Севмашпредприятии заложена головная АПЛ четвертого поколения («Юрий Долгорукий») с основными данными в 2—3 раза более эффективными по сравнению с АПЛ третьего поколения; на этой АПЛ будет применена также ядерная энергосиловая установка нового типа;

на российских заводах освоено производство ряда комплектующих (в том числе тонкостенных труб для твэлов судовых активных зон), ранее изготавливавшихся в странах ближнего зарубежья;

ведется разработка технического проекта плавучей АЭС с использованием реакторных установок ледокольного типа и технико-экономических обоснований (ТЭО) по созданию серии подобных плавучих АЭС. Потребность в подобных АЭС крайне велика в прибрежных районах Северного и Восточного регионов России (где нет централизованного энергоснабжения). К подобным ядерным энергоисточникам проявляют большой интерес также ряд стран Ближнего Востока, Юго-Восточной Азии, Африки, в том числе для целей опреснения морской воды.

Все созданное и наработанное в России в области проектирования, изготовления и эксплуатации судовых ЯЭУ для объектов ВМФ и для гражданских судов, сформировавшиеся мощные школы и научные и конструкторские коллективы по этой тематике, создание специализированных производств и экспериментально-исследовательских баз представляет бесценное отечественное достояние как важнейший научно-технический потенциал страны.

Этот потенциал будет востребован при создании новых энергоустановок для военных целей или для гражданских объектов различного назначения (ледоколов, грузовых судов, нефтебуровых платформ, плавучих электростанций, водоопреснительных комплексов и пр.). Поэтому важно обеспечить принятие необходимых решений о сохранении достигнутых и развертывании новых научных исследований и разработок по данной тематике с продолжением активного поиска новых сфер применения наработанных конструкторских решений и созданных технологий.

Предприятия Минатома, награжденные за работы по тематике СЯЭУ

НИКИЭТ — орден Ленина в 1959 г. за разработку и создание СЯЭУ для первой отечественной АПЛ (пр. 627)

ОКБМ:

орден Ленина в 1960 г. за разработку и создание СЯЭУ для ледокола «Ленин»;

орден Октябрьской Революции в 1985 г. за создание СЯЭУ для АПЛ третьего поколения

ОКБ «Гидропресс» — орден Трудового Красного Знамени в 1982г. за разработку и создание СЯЭУ БМ-40А для АПЛ (пр.705К)

Кроме того, при награждениях ИАЭ им. И.В.Курчатова (ордена Ленина и Октябрьской Революции), ФЭИ (ордена Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции), ВНИИНМ (орден Ленина), СНИИП (орден Трудового Красного Знамени) учитывался вклад этих Институтов в области работ над СЯЭУ.

Сотрудники системы Минатома, удостоенные звания Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, лауреат Государственной премии СССР за работы по тематике СЯЭУ

Герои Социалистического Труда:

А.П. Александров — ИАЭ, 1960 г. за создание а/л «Ленин»

И.И. Африкантов — ОКБМ, 1960 г. за ЯЭУ для а/л «Ленин»

А.И. Лейпунский — ФЭИ, 1963 г. в связи с 60-летием и за вклад в тематику СЯЭУ

С.И. Золотуха — ЭМЗ, 1970 г. за сдачу головных АПЛ (пр. 670, 671 и 667)

Н.С. Хлопкин — ИАЭ, 1977 г. за вклад в тематику СЯЭУ и участие в походе к Северному полюсу

Ф.М. Митенков — ОКБМ, 1978 г. за ЯЭУ ВМ-4 (АПЛ пр. 670М)

В.В. Стекольников — ОКБ «Гидропресс», 1981 г. за ЯЭУ БМ-40А (АПЛ пр. 705К)

Г.Ф. Носов — ОКБМ, 1982 г. за ЯЭУ ОК-650 (АПЛ пр. 941)

Н.А. Доллежалъ — НИКИЭТ, 1984 г. в связи с 85-летием и за вклад в тематику СЯЭУ.

Г.А. Гладков — ИАЭ, 1985г. за ЯЭУ ОК-650 (АПЛ пр. 949)

Лауреаты Ленинской премии

Опытная АПЛ (пр. 627) и энергоустановка для АПЛ (1959 г.)

А.П. Александров — ИАЭ

Ю.Н. Кошкин — ОКБМ

Г.А. Гладков — ИАЭ

Н.А. Лазуков — ИАЭ

П.А. Деленс — НИКИЭТ

Ядерная энергоустановка для ледокола «Ленин» (1960 г.)

Д.В. Каганов — ОКБМ

Н.М. Царев — ОКБМ

Б.Г. Пологих — ИАЭ

А.М. Шаматов — ОКБМ

Н.С. Хлопкин — ИАЭ

В.И. Ширяев — ОКБМ

Стенд 27/ВТ СЯЭУ на ЖМТ (1961 г.)

Б.Ф. Громов — ФЭИ

Г.И. Марчук — ФЭИ

И.М. Гусаков — ФЭИ

Г.А. Меерсон — ВНИИНМ

К.И. Карих — ФЭИ

Б.М. Шолкович — ОКБ «Гидропресс»

В.А. Кузнецов — ФЭИ

Корпуса для судовых реакторов (1963 г.)

А.Д. Амаев — ИАЭ

О.А. Шатская — НИКИЭТ

Н.Ф. Правдюк — ИАЭ

Активные зоны для судовых реакторов (1964 г.)

Н.П. Агапова — ВНИИНМ

А.В. Позднякова — ВНИИНМ

С.И. Бирюков — ВНИИНМ

А.Г. Самойлов — ВНИИНМ

И.С. Головин — ВНИИНМ

Д.Д. Соколов — ЭМЗ

И.Т. Образцов — ЭМЗ

В.П. Юкин — ИАЭ

Н.Ю. Пальчук — ВНИИНМ

Ядерная энергоустановка для опытной АПЛ (пр. 645) (1964 г.)

В.И. Акимов — ОКБ «Гидропресс»

В.И. Субботин — ФЭИ

Д.Ф. Ислапкина — ВНИИНМ

Г.А. Тачков — ОКБ «Гидропресс»

Н.А. Николаев — МСМ

А.П. Трифонов — ФЭИ
 Л.Х. Парнев — ОКБ «Гидропресс»
 В.А. Чистяков — ОКБ «Гидропресс»
 Д.М. Овечкин — ФЭИ

Насосы для судовых ЯЭУ (1965 г.)

М.И. Бариненков — ЦКБМ
 М.П. Удовиченко — ЦКБМ
 И.Ф. Бычков — ЦКБМ
 Н.В. Федоров — ЦКБМ
 Н.Н. Коновалов — ЦКБМ
 О.Д. Цимбалист — ЦКБМ
 С.А. Лукин — ЦКБМ

Стенд КВ-1 — ЯЭУ для АПЛ третьего поколения (1978 г.)

Г.Ф. Носов — ОКБМ
 Е.П. Рязанцев — ИАЭ
 Б.П. Папковский — МСМ
 О.Б. Самойлов — ОКБМ
Итого: 8 премий, 50 лауреатов

Лауреаты Государственной премии СССР

Парогенераторы для СЯЭУ (1968 г.)

Н.В. Потехин — ИАЭ

СЯЭУ для АПЛ второго поколения (1969 г.)

Г.А. Гладков — ИАЭ
 Б.П. Папковский — МСМ
 Е.А. Григорьева — ИАЭ
 Д.М. Парфанович — ИАЭ
 И.И. Жучков — ОКБМ
 П.И. Родин — ОКБМ
 С.И. Майзус — ОКБМ
 А.Е. Савушкин — ИАЭ
 Ф.М. Митенков — ОКБМ
 П.Л. Сажин — ОКБМ
 З.М. Мовшевич — ОКБМ
 М.В. Смирнов — ОКБМ
 Н.М. Мордвинов — ИАЭ
 Е.И. Чирков — ЭМЗ

СЯЭУ для атомных ледоколов (1977 г.)

Г.Ф. Носов — ОКБМ
 В.А. Маламуд — ОКБМ
 О.К. Лебедев — ИАЭ
 Б.И. Моторов — ОКБМ
 Ю.К. Панов — ОКБМ
 В.А. Морозов — ЦКБМ
 В.А. Рымаков — ОКБМ
 В.П. Костомаров — ВНИИНМ

Ремонтная оснастка для СЯЭУ (1977 г.)

И.А. Бачелис — НИКИМТ
 А.И. Просвирин — НИКИМТ
 В.А. Волков — НИКИМТ
 Б.И. Рогатных — НИКИЭТ
 Н.М. Ежов — ОКБМ
 В.В. Рошин — НИКИМТ
 В.И. Константинопольский — НИКИМТ
 Г.А. Станиславский — НИКИЭТ

Активные зоны для СЯЭУ (1978 г.)

В.Г. Аден — НИКИЭТ
 П.В. Морозов — ЦКБМ
 С.М. Астраханцев — ИАЭ
 Е.М. Нестеров — ОКБМ
 Ю.А. Антонов — ЭМЗ
 Г.Д. Пискун — МСМ
 В.В. Горский — ВНИИНМ
 Ю.В. Ростовцев — ВНИИНМ
 С.А. Кузнецов — МЗПМ
 В.С. Фураев — ВНИИНМ
 А.Т. Ляховский — ЭМЗ

Технология «взрыва» при изготовлении оборудования СЯЭУ (1981 г.)

Р.М. Крылов — ОКБМ
 И.Г. Левченко — ОКБ «Гидропресс»
СЯЭУ для АПЛ (пр. 705 и 705К) (1981 г.)
 Б.Ф. Громов — ФЭИ
 В.П. Пигалев — МСМ
 Е.В. Куликов — МСМ
 Н.М. Царев — ОКБМ

Экспериментальные средства исследований стеновых СЯЭУ (1984 г.)

В.В. Виноградов — НИТИ
 А.И. Колесников — НИТИ
 В.И. Воронин — ИАЭ
 С.Д. Малкин — НИТИ
 Е.В. Иващенко — ОКБМ
 Е.П. Рязанцев — НИТИ
СЯЭУ для НК (пр. 1144) (1985 г.)
 Б.А. Буйницкий — ИАЭ
 З.М. Мовшевич — ОКБМ
 В.А. Будников — ОКБМ
 Г.Г. Потоскаев — ЭМЗ
 В.С. Волков — ВНИИНМ
 С.В. Саргин — ОКБМ
НК (пр. 1144) (1985 г.)
 Н.С. Хлопкин — ИАЭ

Итого: 10 премий, 61 лауреат

У. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Основные этапы развития ядерной энергетики

В. А. Сидоренко

Вскоре после начала практических работ по созданию в Советском Союзе ядерного оружия и необходимой для этого ядерной промышленности были начаты проработки возможных вариантов использования процесса деления ядер для получения полезной энергии.

Первые документально зарегистрированные официальные поручения И.В. Курчатова о разработке возможности применения графитового реактора с водяным охлаждением для производства энергии относятся к 1946 г. До 1948 г. были выполнены проработки и обсуждены несколько вариантов реакторов: газоохлаждаемый корпусной с графитовым замедлителем (институт Физпроблем, Москва); корпусной высокотемпературный с оксидом бериллия; на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (Лаборатория «В», Обнинск).

В 1949 г. в Лаборатории № 2 (ныне РНЦ «Курчатовский институт») был выпущен отчет о возможных направлениях создания энергетических реакторов для транспорта и стационарной энергетики.

К 1949 г. относится начало работ по проектированию «опытной атомной станции» (соответствующее постановление Правительства от 16 мая 1949 г.). Постановлением от 29 июля 1950 г. Лаборатории «В» предписано приступить к подготовительным работам для строительства в Обнинске первой опытной АЭС. Физические расчеты реактора проводились в ЛИПАН (уже так тогда назывался РНЦ «Курчатовский институт»).

В середине 1951 г. одобрено проектное задание на сооружение АЭС и определены основные исполнители: научным руководителем назначен И.В. Курчатов, заместителями Д.И. Блохинцев и А.К. Красин, главным конструктором реактора Н.А. Доллежалъ (НИИ-8, ныне НИКИЭТ), проект АЭС поручено выполнить ГСПИ-12 (Государственный союзный проектный институт), проект парогенератора ОКБ «Гидропресс».

Пуск станции состоялся 27 июня 1954 г. От этой даты ведется отсчет развития отечественной ядерной энергетики.

Предлагая вниманию читателя некоторую сжатую схему «дерева развития ядерной энергетики», хотелось бы предварительно подчеркнуть некоторые оценки результатов ретроспективного анализа этого развития. Прежде всего, следует отметить исключительно целеустремленную работу в первый период разработки проблемы. В этом проявился стиль, характерный предшествующему этапу — времени создания ядерного оружия. Он отличался быстрым принятием решений, скоростью разработок, определенной выработанной глубиной первичных проработок и способами доработки принимаемых технических решений. Хотелось бы сразу обратить внимание на то, что использование некоторых приемов такого «аккордного» стиля в период дальнейшего планомерного развития привело, к сожалению, к хроническим недостаткам в отечественной ядерной энергетике, которые пришлось устранять позже.

Этот первичный период развития характеризуется широким охватом вариантных и страхующих направлений. В результате был создан богатый и разнообразный научно-технический потенциал отрасли.

Вся работа велась в условиях жесткой международной изоляции, практически параллельно с аналогичными работами за рубежом, подчиняясь системе внутренних политических и хозяйственных факторов, специфическим закономерностям развития ядерной технологии, опираясь на возможности отечественной промышленности.

В сорокалетней истории отечественной ядерной энергетики этот период составляет примерно половину. Далее можно констатировать период возрастающего обмена с внешним миром и внедрение единых подходов к безопасности этой молодой технологии.

Можно проследить единую логическую ли-

нию развития этого «дерева ядерной энергетики» от начала до сегодняшнего дня. Но в этот процесс трагически вошла Чернобыльская авария, которая для всего мира разделила ядерную энергетику на две эпохи: «до Чернобыля» и «после Чернобыля». Современное состояние — результат взаимодействия двух процессов: процесса развития ядерной энергетики в ее объективной роли в энергообеспечении человечества и процесса ликвидации всех последствий и учета опыта Чернобыльской трагедии.

Еще до пуска Первой в мире АЭС в 1953 г. было проведено изучение возможных типов реакторов для электростанций. В 1954 г. форсированно прорабатывались два направления двухцелевых реакторов, которые бы могли сочетать выработку электроэнергии и наработку плутония: графито-водяной с циркониевыми или стальными трубами, который можно считать прототипом РБМК, и водяной корпусной — прототип ВВЭР.

Реальное развитие двухцелевого направления по логичному пути быстрее реализации энергетических целей в привязке к основной задаче — производству делящихся материалов, т. е. по пути графитовых реакторов с водяным охлаждением.

Первый двухцелевой уран-графитовый реактор ЭИ-2 был создан в период 1954—1958 гг., а освоение его энергетического режима проведено в 1958—1960 гг.

Решение о сооружении промышленных двухцелевых реакторов типа АДЭ было принято в 1956—1957 гг., начавшееся в 1957 г. на Комбинате № 816 строительство завершилось освоением проектных режимов на четырех реакторах в 1964—1969 гг.

Практически одновременно были начаты проектные работы по газоохлаждаемым графитовым реакторам. Первые варианты проработок 1947—1955 гг. были ориентированы на использование в качестве первичного теплоносителя гелия, и работы были прекращены после 1955 г., когда было принято решение о развитии направления ВВЭР. В 1957 г. проектные работы были возобновлены с ориентировкой на другой теплоноситель — углекислый газ.

Проектные работы по этому направлению были весьма многовариантными, несколько раз приостанавливались и возобновлялись и продолжались вплоть до 1968 г., когда конкурировали с реакторами РБМК и ВВЭР при вы-

боре реакторных установок для Курской и Чернобыльской АЭС.

Достаточно глубокие научно-исследовательские и проектные работы по газоохлаждаемым реакторам продолжались до последнего времени. При этом видоизменились целевые задачи этого направления и основные черты реакторных установок.

Реальное развитие промышленной ядерной электроэнергетики пошло по пути использования реакторов на тепловых нейтронах с водяным теплоносителем двух типов (канального с графитовым замедлителем и корпусного с легководным замедлителем), а также реакторов на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением.

Реализованы были также энергоблоки с графитовыми водоохлаждаемыми реакторами, развивающие принципиальные конструктивные решения по активной зоне и каналам с тепловыделяющими элементами, примененные на Первой (Обнинской) АЭС.

Это I и II блоки Белоярской АЭС электрической мощностью 100 и 200 МВт и четыре блока Билибинской АЭС электрической мощностью по 12 МВт. На реакторах (АМБ) Белоярской станции был осуществлен ядерный перегрев турбинного пара, а на реакторах Билибинской АЭС реализована схема естественной циркуляции первичного теплоносителя через каналы реактора.

I блок Белоярской АЭС проработал с 1964 по 1983 г., а II блок — с 1967 по 1990 г., они были выведены из эксплуатации по исчерпанию проектного ресурса. Блоки Билибинской АЭС работают на электрическую сеть с 1974—1976 гг.

Начало работ над проектом водо-водяного корпусного энергетического реактора (ВВЭР) относится к 1954—1955 гг. Технический проект реактора электрической мощностью 200 МВт был выполнен в 1956 г. Тогда же было подписано межправительственное соглашение с ГДР, и в 1957 г. начались работы по АЭС «Райнсберг» мощностью 70 МВт. После проработки различных вариантов привязки на местности первой АЭС с ВВЭР (начиная с ТЭЦ-21 Мосэнерго в Ховрино) была выбрана Ново-Воронежская площадка, на которой были сооружены головные ВВЭР всех поколений.

I блок НВАЭС был включен в сеть в 1964 г. и выведен из эксплуатации в 1984 г. II блок

электрической мощностью 365 МВт проработал с 1969 по 1990 гг.

Сооружение первых блоков НВАЭС подтвердило техническую осуществимость надежных промышленных энергоисточников на ядерном топливе. Опыт их создания и эксплуатации имел исключительно важное значение для дальнейшего развития АЭС с ВВЭР в нашей стране и по нашим проектам за рубежом.

В период создания опытно-промышленных реакторов на первых блоках Ново-Воронежской и Белоярской АЭС происходило формирование первых этапов государственной политики в области ядерной энергетики, в процессе которого рассматривались различные варианты развития и различные типы реакторных установок.

Первая программа развития была объявлена И. В. Курчатовым на период 1956—1960 гг. с перспективой на 2—2,5 млн. кВт установленной мощности АЭС. В 1958 г. план был пересмотрен и ограничен сооружением только первых блоков на Ново-Воронежской и Белоярской АЭС.

В 1962 г. программа развития ядерной энергетики была восстановлена, и в нее были включены кроме АМБ и ВВЭР также газографитовый и тяжеловодный реакторы с органическим теплоносителем. Впоследствии тяжеловодный реактор был заменен водо-водяным, а газо-графитовый — реактором на быстрых нейтронах БН. 1963—1964 гг. характеризуются резким усилением внимания к топливообеспечению ядерной энергетики и к роли реакторов — размножителей на быстрых нейтронах. В 1966 г. был принят Государственный план строительства АЭС на 1966—1975 гг. в объеме 11,9 млн. кВт, который стал основой создания серийных блоков первого поколения.

Первое поколение серийных блоков ВВЭР электрической мощностью 440 МВт было создано на базе опыта сооружения первых двух блоков НВАЭС. Головной блок серии (III блок НВАЭС) был введен в эксплуатацию в 1971 г. Всего с 1971 по 1975 гг. было введено в работу в Советском Союзе шесть таких блоков и по межправительственным соглашениям в Болгарии, Чехословакии и ГДР еще 10 блоков в период с 1974 по 1982 г. Эта серия ВВЭР-440 продемонстрировала экономическую конкурентоспособность АЭС.

Начало работ над реакторами РБМК отно-

сится к 1963 г. Первый вариант реактора представлял собой развитие двухцелевого направления на металлическом уране с циркониевыми канальными трубами. В 1967 г. задание и проект были скорректированы, и реактор приобрел свой окончательный вид чисто энергетического реактора с диоксидным топливом. I блок РБМК был пущен в 1973 г. на Ленинградской АЭС; всего с 1973 по 1978 г. было введено в работу шесть таких блоков.

Последующие планы сооружения АЭС и соответствующие постановления Правительства объявлялись в 1971 и 1980 гг. В 1971 г. была объявлена программа на 1971—1980 гг. — 26,8 млн. кВт. Постановление 1980 г. предусматривало ввод в 1981—1990 гг. 66,9 млн. кВт, а также обеспечение задела, имея в виду довести в 1990 г. мощности АЭС до 100 млн. кВт. Ориентируясь на этот уровень ядерной энергетики, были начаты работы по развитию предприятий ядерного топливного цикла и ядерного энергомашиностроения.

В процессе работы по этим программам формировалось понимание роли ядерной энергетики в энергообеспечении страны, необходимости ее структуры и, что наиболее важно, формировалось современное понимание целей и требований безопасности и способов обеспечения безопасности широкомасштабной ядерной энергетики. Те подходы в обеспечении безопасности АЭС, которые представлялись приемлемыми применительно к единичным или малочисленным объектам, не могли быть достаточными при массовом распространении потенциально опасной энергетической технологии.

В 1963—1964 гг. были разработаны первые правила обеспечения ядерной безопасности энергетических реакторов.

В 1968 г. утверждена первая редакция санитарных правил проектирования АЭС.

Специфика ядерного машиностроения и высокий уровень требований к надежности конструкций реакторных установок инициировали возникновение нового класса качества, зафиксированного в нормах расчета на прочность, положениях по сварке и правилах контроля изделий, что было отражено в специальных нормативных документах, введенных в практику в 1972—1974 гг.

Решающую роль в формировании новых подходов к обеспечению безопасности АЭС

сыграла работа над проектом АЭС с реактором ВВЭР-440 для Финляндии, которая началась в 1969 г. Тесное общение и детальное знакомство с практикой других стран, вступивших на путь развития ядерной энергетики, форсировало формулирование новых требований к безопасности АЭС на уровне международных.

В 1969 г. была начата разработка «Общих положений обеспечения безопасности АЭС», в 1971 г. была утверждена их первая редакция, в том же году началась разработка проекта АЭС с ВВЭР-440 второго поколения, удовлетворяющего международным подходам к обеспечению безопасности.

Первые блоки этой серии были сооружены на АЭС «Ловииса» в Финляндии (I блок пущен в 1977 г., II — в 1980 г.). В реализуемых планах сооружения АЭС в нашей стране и странах СЭВ блоки новой серии заменили планировавшиеся блоки первого поколения. Всего их было сооружено четыре в СССР и десять в странах СЭВ.

Разработка АЭС с РБМК по новым требованиям завершилась сооружением девяти блоков РБМК-1000, введенных в период с 1979 по 1989 г.

На базе накопленного опыта была утверждена в 1982 г. новая редакция требований ОПБ-82, которые учитывались при проектировании новых станций.

С учетом новых требований были разработаны АЭС более высокого уровня электрической мощности: ВВЭР-1000 (1000 МВт) и РБМК-1500 (1500 МВт). Головной блок ВВЭР-1000 пущен в 1980 г. на НВАЭС; всего в СССР введено с 1980 по 1993 г. 17 таких блоков и два в Болгарии (в 1987 и 1991 годах). Энергоблоки с реакторами РБМК-1500 сооружены в Литве на Игналинской АЭС (пущены в 1983 и 1987 годах).

Очень важным в формировании новых подходов и новой системы обеспечения безопасности АЭС явилось образование в 1963 г. независимого государственного органа по регулированию безопасности АЭС — Государственного комитета по надзору за безопасным ведением работ в ядерной энергетике.

К сожалению, эти усилия уже не смогли предотвратить аварии на IV блоке Чернобыльской АЭС, обсуждение причин и уроков которой составляет отдельную большую тему.

Принципиальным является то, что при быстром нарастании масштабов гражданской ядерной энергетики и расширении технических, организационных и административных структур, обеспечивающих ее функционирование и развитие, не успевала формироваться жизненно необходимая и обязательная для этой отрасли культура безопасности.

Положительные факторы ранее действовавшей полувоенной организации были утрачены, новые гражданские формы рождались медленно. В результате оказалось, что бесконтрольный монополизм технических решений, проявившийся в недостатках конструкции блока, наложился на недостатки в эксплуатации, которые отразили отсутствие культуры безопасности.

В течение всего периода развития ядерной энергетики, предшествовавшего Чернобыльской аварии, положительную роль демонстрировали централизованные организационные структуры управления, которые позволяли концентрировать и использовать полученный опыт и научно-технический потенциал, обеспечивающий необходимый уровень всех работ. В условиях традиционных для нашей страны хозяйственных и организационных форм каждый случай разобщения участников работы и размытия ответственности приводил к отрицательным результатам. Самый трагичный из них — Чернобыльская авария.

Западные эксперты на основании собственного анализа отметили высокие показатели надежности эксплуатации АЭС с ВВЭР-440 (в том числе и первого поколения) и пришли к выводу, что этот результат обеспечила структура управления ядерной энергетикой, отражающая централизованную структуру управления всей промышленностью. Этот фактор дополнился престижностью отрасли и возможностью использовать передовые технологии в период разработки этих проектов. Очень важно сохранить эти факторы сейчас.

Опыт случившихся аварий в США и СССР позволил уточнить уровень безопасности ядерных станций, приемлемый для дальнейшего развития ядерной энергетики. Основным в этом уточнении является исключение тяжелых аварий, которые бы могли потребовать серьезных противаварийных мер и причинить заметный ущерб населению. В ключе этих тенденций в

1989 г. введена в действие новая редакция ОПБ-88 и ведется проектирование АЭС третьего поколения. Они составят основу следующего этапа развития ядерной энергетики.

Основной проблемой сегодня является то, что ядерная энергетика потеряла доверие, и дальнейшее ее восприятие и возможности наращивания ее вклада в энергоснабжение страны определяются прежде всего гарантиями безопасности и экономичности АЭС.

Центральной задачей является обеспечение безопасности действующих станций, построенных по старым нормам и правилам. Это достигается: выполнением первоочередных мероприятий, устраняющих критические факторы опасности; реализацией долгосрочной программы повышения безопасности и надежности; повышением требований к эксплуатационному персоналу, созданием учебно-тренировочных центров с полномасштабными тренажерами, учениями и аварийными тренировками персонала.

Эксплуатация АЭС первого поколения находится в усиленном поднадзорном режиме (особый режим эксплуатации) с постоянным расширенным контролем состояния оборудования, дополнительной диагностикой и ежегодным анализом реального состояния безопасности. Применительно к этим АЭС обязательна ежегодная выдача разрешений на дальнейшую эксплуатацию органом государственного надзора. При условии поддержания безопасности на приемлемом уровне действующие АЭС смогут работать до исчерпания ресурса основного оборудования. В противном случае отдельные блоки должны выводиться из эксплуатации еще до его исчерпания, как это принято и в других странах, имеющих значительное число устаревших блоков АЭС.

В рамках «Энергетической стратегии России» на этапе структурной перестройки в ближайшие 10—15 лет при безусловном приоритете энергосберегающей политики и с учетом экономических прогнозов по другим составляющим топливно-энергетического комплекса определены масштабы развития ядерной энергетики. Необходимый уровень ядерной энергетики в 2010 г. должен обеспечить выработку 125 млрд. кВт·ч (22 ГВт установленной мощности), что соответствует 11% общей выработки электроэнергии. Максимальный уровень производства электроэнергии на АЭС состав-

ляет 160 млрд. кВт·ч (28 ГВт установленной мощности), что соответствует доле ядерной энергетики до 13%. При этом следует иметь в виду, что потребуется до 2010 г. заменить выбывающие по исчерпанию проектного ресурса блоки АЭС общей мощностью 8,4 ГВт.

Экспертные оценки других сценариев развития энергетики России, кроме «базовых», изложенных в «Энергетической стратегии», указывают на необходимость добавить к 2015 г. еще не менее 25 ГВт установленной мощности АЭС. Конечно, задача развития мощностей АЭС за 20 лет с 21 ГВт примерно до 55 ГВт должна решаться последовательно, начиная с ближайших лет.

Сооружение нового поколения энергоблоков с корпусными реакторами ВВЭР начнется в ближайшие годы. Первыми будут созданы блоки ВВЭР-640, конструкция и параметры которых учитывают отечественный и мировой опыт, а также блоки с усовершенствованным реактором ВВЭР-1000 с существенно повышенными показателями безопасности.

Эти шаги — проявление эволюционного пути совершенствования АЭС, сформировавшегося в мировой ядерной энергетике. Головные энергоблоки ВВЭР-640 привязываются к площадкам Ленинградской и Кольской АЭС. Головные энергоблоки на базе ВВЭР-1000 привязываются к площадке Ново-Воронежской АЭС.

Ядерная энергетика России подготовлена к строительству современных безопасных реакторов на быстрых нейтронах БН-800. Они выполнены по современным требованиям и могут быть использованы не только для выработки электроэнергии, но и для вовлечения в топливный цикл энергетического и оружейного плутония, освоения технологий выжигания актиноидов, решения специфических природоохранных мероприятий.

Для удаленных районов Севера и Северо-Востока имеются различные предложения и готовые проекты безопасных АЭС, ТЭЦ и котельных малой мощности. Заказчикам, которые сейчас появляются, могут быть предложены различные варианты ядерного электро- и теплоснабжения.

В предстоящий период ядерная энергетика несмотря на большие, чем ранее, затраты в связи с повышением безопасности, выходит на уровень убедительной экономической целесообразности в сравнении с тепловыми электро-

станциями по значительной части регионов России.

Ядерная энергетика — единственная отрасль в структуре топливно-энергетического комплекса, которая не нуждается в ближайшей перспективе в добыче топлива (в отличие от традиционной энергетики на органическом топливе, для которой важнейшей проблемой является топливообеспечение, требующее больших капиталовложений).

При реализации программ ядерной энергетики в рассматриваемом диапазоне вводов энергоемностей затраты природного урана составляют от 8,4 до 15,4% наличных запасов урана на начало 1993 г. Проблемы в топливообеспечении ядерной энергетики могут возникнуть лишь к 2030 г. при условии увеличения энергоемностей (при развитии ядерных энергоемностей к 2030 г., обеспечивающих 30% электропроизводства всей России). Эти проблемы могут быть решены разведкой и освоением новых месторождений на территории России, обеспечением замкнутого топливного цикла, использованием запасов накопленного энергетического плутония, оружейного плутония и урана, развитием ядерной энергетики на альтернативных видах ядерного топлива. Одна тонна оружейного плутония по теплотворному эквиваленту органического топлива при сжигании в реакторах на тепловых нейтронах в открытом топливном цикле соответствует 2,5 млрд. м³ газа. Приближенная оценка показывает, что общий энергетический потенциал оружейного сырья, с использованием в парке атомных станций также реакторов на быстрых нейтронах, может соответствовать выработке 12—14 трлн. кВт·ч электроэнергии, т. е. 12—14 годовым ее выработкам на уровне 1993 г., и сэкономить в электроэнергетике около 3,5 млрд. м³ природного газа. Как уже было отмечено, мощности производств по изготовлению топлива в состоянии обеспечить любой реализуемый вариант программы развития ядерной энергетики до 2010 г. при сохранении значительных производственных резервов.

Анализ конкурентоспособности проектируемых АЭС на энергетическом рынке России в сравнении с энергетикой на органическом топливе показал следующее:

1) если капитальные вложения в АЭС будут превышать капитальные вложения в парогазовые ТЭС не более чем в 1,5 раза и на 15—20% будут больше, чем в угольной, то АЭС будут

самыми эффективными во всех регионах России;

2) для сохранения конкурентоспособности АЭС с парогазовыми ТЭС капитальные вложения не должны превышать соответствующие показатели для ТЭС более чем в 1,8 раза для Северо-Запада и Центра России; в 1,9 раза для Северного Кавказа; в 1,7 раза для Средней Волги и в 1,6 раза для Урала;

3) для сохранения конкурентоспособности АЭС с угольными ТЭС капитальные вложения в АЭС не должны превышать соответствующие показатели для ТЭС более чем в 1,08 раза для Урала; в 1,1 раза для Средней Волги и в 2,1 раза для Северо-Запада и Дальнего Востока, в 1,25 раза для Центра России. Сравнение различных проектов новых АЭС и ТЭС показывает, что такие условия конкурентоспособности выполняются во многих районах Европейской части и на Дальнем Востоке.

Произошли относительные изменения проектных экономических показателей и между АЭС различных типов — с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах. Стоимость сооружения реакторов на быстрых нейтронах, после того как в реакторы на тепловых нейтронах были введены дополнительные системы безопасности, стала существенно меньше отличаться от стоимости сооружения последних. В реакторах на быстрых нейтронах аналогичные дополнительные системы большей частью уже были включены в проекты. Кроме того, опыт эксплуатируемых реакторов на быстрых нейтронах позволяет реализовать некоторые возможности их упрощения и удешевления.

Топливный цикл ядерной энергетики России в предстоящий период, в основном, будет оставаться открытым или частично замкнутым. Переработка отработавшего ядерного топлива реакторов ВВЭР-440, транспортных установок и реакторов БН-350 и БН-600 на действующем перерабатывающем заводе РТ-1 позволяет получать регенерированный уран, нормализованный до нужного содержания урана-235, чтобы использовать его для изготовления топлива реакторов РБМК и реакторов на быстрых нейтронах.

Плутоний, полученный в результате работы завода РТ-1, складировается, и его запас уже составляет около 30 т. Отработавшие ТВС ВВЭР-1000 пока складировются в хранилище строящегося завода РТ-2 (Красноярского

ГХК), и их переработка может быть начата только в конце будущего десятилетия. Отработавшее топливо РБМК предусматривается хранить длительное время.

Утилизацию накапливающегося плутония, в особенности учитывая возрастающее высвобождение оружейного плутония, планируется начать в следующем десятилетии и прежде всего в реакторах на быстрых нейтронах типа БН-800, сооружение которых предусматривается на Южно-Уральской и Белоярской АЭС. Для производства топлива на основе плутония необходимо построить комплекс по изготовлению этого топлива на ПО «Маяк». Опытные работы в ближайшие 5–7 лет по использованию плутония в реакторах типа ВВЭР подготовят базу и для этого направления утилизации плутония. Проблему отходов ядерной энергетики и ее топливного цикла нельзя рассматривать как постоянное препятствие развитию ядерной энергетики.

Важная роль ядерной энергии в общей системе обеспечения энергетической безопасности России должна проявиться в следующих направлениях.

1. Повышение надежности энергетического производства за счет его диверсификации с экономией ресурсов органического топлива при одновременном усилении необходимого экспорта топлива.

2. Создание реальных условий для повышения экспорта электроэнергии за счет обеспечения избыточных мощностей в приграничных регионах (возможна реализация инвестиционных проектов на компенсационной основе).

3. Создание основы решения экологических проблем России, связанных с сокращением техногенного воздействия топливно-энергетического комплекса (сегодня на долю предприятий ТЭК приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу, до 36% сточных

вод, свыше 30% твердых отходов). В соответствии с международными обязательствами и «Энергетической стратегией» должна проводиться политика по стабилизации выброса в атмосферу «парниковых газов».

Оценки радиозэкологов и гигиенистов показывают, что комплексное воздействие ядерной энергетики вместе с топливным циклом при нормальной работе АЭС существенно ниже воздействия топливного цикла тепловых станций, прежде всего угольных.

Атомные станции, поскольку для них современными решениями по безопасности исключены аварии типа Чернобыльской, позволяют оздоравливать экологическую обстановку в регионах их расположения, сократить вредные выбросы, уменьшить риск для здоровья населения.

Экологическая экспертиза и согласие местных органов власти являются обязательным условием выбора площадок для строительства АЭС, а вся деятельность по выбору энергоисточника, его проектированию, экспертизе, строительству, эксплуатации должна вестись открыто и гласно. Международное сотрудничество и кооперация стали ныне неотъемлемым условием и частью деятельности в области ядерной энергетики России. Российская политика в области ядерной энергетики учитывает необходимость взаимовыгодного сотрудничества с зарубежными партнерами, опираясь на большой научно-технический и сырьевой потенциал ядерной промышленности. Сегодня очевидно, что лучший путь дальнейшего развития — это движение «в ногу» с мировым сообществом, когда технические решения, разработки, обоснования максимально взаимопроницаемы и взаимно подтверждаемы. Это дает дополнительные гарантии успешного и безопасного развития ядерной энергетики в нашей стране.

Концерн «Росэнергоатом»

Е. И. Игнатенко

Российский государственный концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях — концерн «Росэнергоатом» был образован Указом Президента Российской Федерации № 1055 от 07.09.92 «Об эксплуатирующей организации атомных станций Российской Федерации» и Приказом Минатома России № 339 от 17.09.92. В соответствии с этим Указом концерн обязан осуществлять собственными силами или с привлечением других предприятий и организаций деятельность на всех этапах жизненного цикла атомных станций по выбору площадок, проектированию, строительству, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, снятию с эксплуатации и выполнять любые иные функции Эксплуатирующей организации.

Руководство концерна осуществляется Генеральным директором, который наряду с возложенными на него законодательством Российской Федерации полномочиями, несет персональную ответственность за выполнение концерном в полном объеме обязанностей и функций Эксплуатирующей организации атомных станций.

На президента концерна возложены функции представителя Министерства Российской Федерации по ядерной энергии, руководство деятельностью Совета директоров концерна и курирование ряда других важных направлений.

Основной задачей Эксплуатирующей организации является обеспечение безопасной и экономически эффективной эксплуатации АЭС на всех этапах их жизненного цикла.

Для обеспечения реализации функций Эксплуатирующей организации 15.12.92 г. зарегистрирован Устав концерна «Росэнергоатом», заключен договор с Госкомимуществом России № 1 от 07.12.92 г. о закреплении за концерном «Росэнергоатом» федерального имущества на правах хозяйственного ведения, заключены договоры с АЭС и обеспечивающими предприятиями о передаче им федерального

имущества на правах оперативного управления, получено разрешение Госатомнадзора России на осуществление функций Эксплуатирующей организации.

Согласно этим договорам основная обязанность АЭС — проводить весь необходимый комплекс работ, связанный с производством электрической энергии, на переданном им в оперативное управление имуществе в соответствии с требованиями законодательства и требованиями правил и норм по безопасности в ядерной энергетике.

Концерн, оставляя за собой всю полноту ответственности за выполнение требований к Эксплуатирующей организации по обеспечению безопасной эксплуатации АЭС и право контроля за деятельностью АЭС и за принятием обязательных к исполнению АЭС решений, принял на себя следующие обязательства:

- 1) обеспечивать АЭС необходимыми финансовыми и материально-техническими ресурсами, нормативно-техническими документами и научно-технической поддержкой;
- 2) обеспечивать инженерно-техническую



Евгений Иванович Игнатенко — Генеральный директор концерна «Росэнергоатом»



Юрий Николаевич Поздышев — Президент концерна «Росэнергоатом»

поддержку АЭС, организовывать работы по учету накопленного опыта эксплуатации энергоблоков в проектах новых АЭС, выделять необходимые финансовые средства и организовывать выполнение НИОКР с целью повышения безопасности, надежности и эффективности работы.

На основании этих документов в концерне «Росэнергоатом» и на всех АЭС введены в действие положения о структурных подразделениях и должностные инструкции руководителей и специалистов с распределением обязанностей и ответственности по обеспечению безопасной эксплуатации АЭС.

На девяти атомных электростанциях России в настоящее время эксплуатируются 29 энергоблоков установленной мощностью 21242 МВт. Из них 13 реакторов с водой под давлением: 7 ВВЭР-1000, 6 ВВЭР-440; 15 канальных реакторов: 11 РБМК-1000, ЭГП-6; 1 реактор на быстрых нейтронах БН-600.

Атомные электростанции России практически полностью выполнили план 1997 года и выработали 108286,3 млн. кВт·ч.

Общее число нарушений в работе АЭС уменьшилось (83 нарушения в 1996 г., 78 — в 1997 г.).

Количество неплановых отключений снизилось (22 в 1996 г., 18 в 1997 г. или, в расчете на один блок, с 0,76 до 0,62).

Удельное число отключений энергоблоков

от сети с срабатыванием АЗ реактора сократилось (с 0,34 в 1996 г. до 0,31 в 1997 г.).

В 1997г. три нарушения в работе энергоблоков АЭС были классифицированы по шкале INES уровнем 1, а нарушений выше уровня 1 не было.

Капитальных вложений в 1997 г. было освоено на 26% больше, чем в 1996 году.

На 1998 г. можно выделить следующие основные задачи.

1. Обеспечение безопасного производства электрической и тепловой энергии в соответствии с заданием Правительства Российской Федерации. В 1998 г. предполагается произвести около 109 млн. кВт·ч электроэнергии.

2. Повышение ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности АЭС путем реализации концепции повышения безопасности эксплуатации АЭС, выполнение долговременных программ.

3. Выполнение комплекса мероприятий для обоснования продления срока эксплуатации действующих энергоблоков.

4. Продолжение строительства I блока Ростовской АЭС, III блока Калининской АЭС и V блока Курской АЭС.

5. Выполнение проектных работ по блокам повышенной безопасности ВВЭР-1000, НП-640, плавучей АЭС с реакторной установкой КЛТ-40.

Белоярская АЭС

В.Г. Флейшер, Ю.Б. Мураков, Л.Е. Гнедков, В.А. Махов, А.Г. Шестаков

1. НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ИСТОРИИ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС

В 1958 г. началось строительство Белоярской АЭС, а в 1960 г. сооружение первого энергоблока на площадке Белоярской АЭС осуществлялось уже полным ходом: возводились главные корпуса энергоблоков, а в поселке при АЭС были построены первые улицы многоэтажных домов.

Первая группа будущих эксплуатационников Белоярской АЭС была сформирована в 1957 г., прошла обучение и аттестацию на специально организованных курсах при Министерстве строительства электростанций СССР и в 1959 г. прибыла в пос. Заречный для работы на строящейся Белоярской АЭС.

Набранные специалисты оказались в своем большинстве уроженцами Урала и Сибири, имеющими опыт работы либо на предприятиях Министерства среднего машиностроения, либо на судостроительных заводах, выпускавших атомные подводные лодки, либо на тепловых электростанциях.

По инициативе директора строящейся Белоярской АЭС М. Л. Колмановского была организована массовая стажировка специалистов АЭС на тепловых электростанциях Урала, а затем на АЭС в Обнинске, реактор которой конструкционно был подобен реактору АМБ-100 Белоярской АЭС. Благодаря наличию квалифицированных и опытных работников с тепловых электростанций и объектов Минсредмаша эксплуатационный персонал привнес на Белоярскую АЭС и развил лучшие традиции отечественной тепловой энергетики. Персоналом была осознана главная цель эксплуатации АЭС: устойчивое и надежное обеспечение потребителей электрической и тепловой энергией при строгом соблюдении правил и норм безопасности.

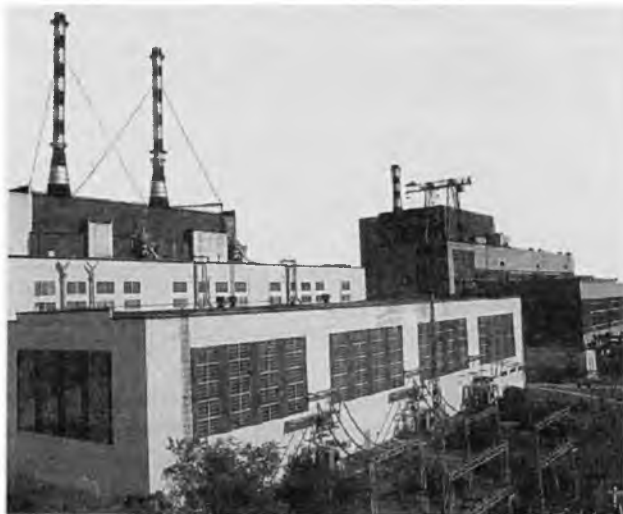
В ходе подготовки к пуску I энергоблока эксплуатационный персонал активно участво-

вал в приемке оборудования и пуско-наладочных работах, а также совместно с представителями проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций в разработке и выпуске пуско-наладочной и эксплуатационной документации. Отношение персонала АЭС к проектным, конструкторским и научно-исследовательским организациям было чрезвычайно уважительным.

Генератор I энергоблока был включен в сеть энергосистемы Свердловэнерго и поставлен под нагрузку 26 апреля 1964 г. С самого начала эксплуатации I энергоблока происходили отказы оборудования и нарушения режимов его эксплуатации, которые либо не были предусмотрены в проекте, либо не могли быть удовлетворительно объяснены на основе существовавших проектных представлений. В частности, уже в мае 1964 г. произошло аварийное отключение работающего I энергоблока из-за потери пара собственного нужд. Выявившаяся зависимость режима энергоблока от надежности подачи пара из котельной промплощадки была настолько неприемлема для эксплуатационного персонала, что он по собственной инициативе разработал, обосновал и практически реализовал систему снабжения собственным паром, т. е. исключил допущенную в проекте зависимость режима блока от подачи пара из котельной промплощадки.

Обнаруженные нарушения герметичности оболочек твэлов и протечек воды (пара) в графитовую кладку реактора воспринимались первоначально как результат естественной отбраковки изделий с дефектами заводского происхождения. Однако рост частоты таких повреждений убедил эксплуатационный персонал в несовершенстве научно-технических представлений, на основе которых были разработаны конструкции и проектные эксплуатационные режимы рабочих каналов.

Прежде всего было обращено внимание на влияние остаточного тепловыделения в оста-



Общий вид АЭС

новленном реакторе. Поскольку в проекте не были регламентированы режимы циркуляции воды в первом и втором контурах на остановленном энергоблоке, эксплуатационному персоналу пришлось их по собственной инициативе разработать, обосновать и практически реализовать, а также определить и обосновать допустимость перерывов циркуляции воды в первом и втором контурах во время ремонтов энергоблока.

Выявилось также несовершенство научных представлений о режимах теплопередачи в испарительных рабочих каналах, проявившееся, в частности, в неучете известного в теплотехнике кризиса теплоотдачи 2-го рода. Потребовалось провести дополнительные исследования и реконструкцию первого контура, чтобы исключить риск возникновения этого кризиса в испарительных каналах при выводе энергоблока в номинальный режим.

Выявилась ошибочность представлений о природе распухания твэлов в рабочих каналах, которое ранее связывалось исключительно с радиационным воздействием на топливные матрицы. На Белоярской АЭС в ходе прямых экспериментов с необлученными образцами твэлов было убедительно доказано, что распухание обусловлено химическим взаимодействием материала топливной матрицы с компонентами газовой атмосферы в графитовой кладке реактора. Эта информация послужила основанием для перехода к применению диоксида урана в топливных матрицах вместо пре-

дусмотренного по проекту уран-молибденового сплава ОМ-9.

В ходе эксплуатации I энергоблока была выявлена не учтенная в проекте зависимость распределения энерговыделения в активной зоне реактора от положения поглощающих стержней, в частности, от положения стержней ручного регулирования (компенсирующих стержней). Существование этой зависимости позволило реализовать жесткое распределение расхода теплоносителя первого контура через испарительные каналы реактора с помощью съемных дроссельных устройств (калачей), а распределение энерговыделения в активной зоне реактора приводит в соответствие с распределением расхода теплоносителя первого контура. По инициативе эксплуатационного персонала были разработаны, обоснованы и реализованы программы регулирования распределения энерговыделения в активной зоне реактора, а также разработаны и применены технические средства для оперативного контроля распределения энерговыделения.

В ходе эксплуатации I энергоблока выявилась непригодность предусмотренных по проекту средств и способов для извлечения заклиненных в графитовой кладке реактора рабочих каналов, а также выявилось несовершенство конструкции самой графитовой кладки. Именно вследствие отсутствия соответствующих проектных решений и необходимого опыта у эксплуатационного персонала произошло разрушение части ячеек графитовой кладки реактора. Реальной становилась перспектива досрочного вывода I энергоблока из эксплуатации по причине разрушения графитовой кладки реактора. В создавшейся ситуации эксплуатационный персонал был вынужден по собственной инициативе разработать, обосновать и практически реализовать технологию извлечения заклиненных в ячейках графитовой кладки рабочих каналов без повреждения этих ячеек и твэлов в извлекаемых рабочих каналах, а также технологию ремонта ячеек графитовой кладки. Выполненные мероприятия позволили продлить срок эксплуатации I энергоблока до июня 1981 г.

Приведенные примеры преодоления трудностей, возникших в ходе освоения эксплуатации I энергоблока Белоярской АЭС, стали свидетельством недостатков научно-технического обеспечения проекта этого энергоблока.

Это дало основание для пересмотра концепций и конструкционных решений в проектах последующих поколений уран-графитовых реакторов.

К моменту ввода в эксплуатацию I энергоблока следующий по очереди II энергоблок с реактором АМБ-200 находился в такой степени готовности, что серьезные изменения его технологических схем и конструкций были практически невозможны. В ходе подготовки к пуску и последующего освоения эксплуатации II энергоблока персонал станции сосредоточил свои основные усилия на реализации режимных и технологических мероприятий, обоснованных практическим опытом эксплуатации I энергоблока.

Освоение эксплуатации II энергоблока при мощности реактора до 80% номинальной происходило без осложнений, однако при попытках вывести реактор на номинальную мощность стали возникать повреждения испарительных рабочих каналов, которые были следствием упоминавшегося выше кризиса теплоотдачи 2-го рода. Было принято согласованное решение об ограничении мощности реактора значением 80% номинальной, что привело к снижению максимальной электрической нагрузки до 160 МВт.

В течение срока эксплуатации II энергоблока на нем произошли две серьезные аварии:

1) из-за ошибки оперативного персонала, спровоцированной неполадками оборудования и непродуманным распоряжением технического руководства станции, 29 мая 1976 г. был допущен перерыв циркуляции воды через половину испарительных рабочих каналов реактора, в результате чего произошло повреждение более 300 испарительных рабочих каналов с их последующим заклиниванием в ячейках графитовой кладки реактора;

2) в ночь на 31 декабря 1978 г. возникло загорание в машинном зале первой очереди АЭС. Вследствие неблагоприятного стечения обстоятельств огонь проник в вертикальную кабельную шахту и по ней распространился в подщитовое помещение, а также непосредственно на БЩУ II энергоблока. Одновременно под действием пламени произошла деформация стальных ферм перекрытия машинного зала первой очереди, в результате чего три пролета перекрытия обрушились.

Эксплуатация II энергоблока после первой

аварии была возобновлена в феврале 1977 г. после извлечения из реактора всех поврежденных рабочих каналов и установки вместо них новых.

Испытание второй аварией персонал Белоярской АЭС также выдержал успешно. В условиях редкого для Среднего Урала мороза (температура наружного воздуха достигла минус 49 °С), при раскрытом машинном зале эксплуатационный персонал обеспечил нормальные режимы отвода остаточных тепловыделений от реакторов обоих энергоблоков, бесперебойное теплоснабжение потребителей промплощадки АЭС и пос. Заречного. Эксплуатация I энергоблока возобновлена в начале февраля 1979 г. после восстановления кровли машинного зала.

Эксплуатация II энергоблока была возобновлена в июле 1979 г. после окончания восстановительного ремонта БЩУ, который персонал станции произвел практически полностью собственными силами. Каких-либо восстановительных работ непосредственно на реакторе II блока не потребовалось. В ходе этой второй аварии, ликвидации ее прямых последствий и восстановительного ремонта БЩУ эксплуатационный персонал осуществлял на практике все функции управления остановленным II энергоблоком при отсутствии БЩУ. В результате возник прецедент, подтвердивший необходимость включения в отечественную нормативно-техническую документацию по безопасности АЭС требования об оснащении вновь сооружаемых энергоблоков отечественных АЭС резервными щитами управления (РЩУ). С восстановленным БЩУ II энергоблок эксплуатировался без каких-либо серьезных осложнений до октября 1989 г., когда он был остановлен для последующего снятия с эксплуатации.

Причина останова была чисто формальной: Госатомнадзор СССР отказался переоформить паспорт (разрешение на эксплуатацию) II энергоблока. Позиция Госатомнадзора СССР в то время вполне соответствовала всплеску общественного недоверия к безопасности отечественной ядерной энергетики после аварии на Чернобыльской АЭС.

Отказ переоформить паспорт II энергоблока на новый 5-летний срок был воспринят на Белоярской АЭС с пониманием, поскольку персонал станции вполне осознал бесперспективность энергоблоков АЭС с реакторами АМБ-

100, АМБ-200 и с любыми уран-графитовыми реакторами подобного типа.

Поставленный перед необходимостью преодолеть трудности, возникавшие в ходе освоения эксплуатации энергоблоков первой очереди, персонал Белоярской АЭС оказался достаточно инициативным и компетентным, проявил способность доводить до практической реализации предлагаемые им решения, благодаря чему приобрел авторитет в отечественной ядерной энергетике.

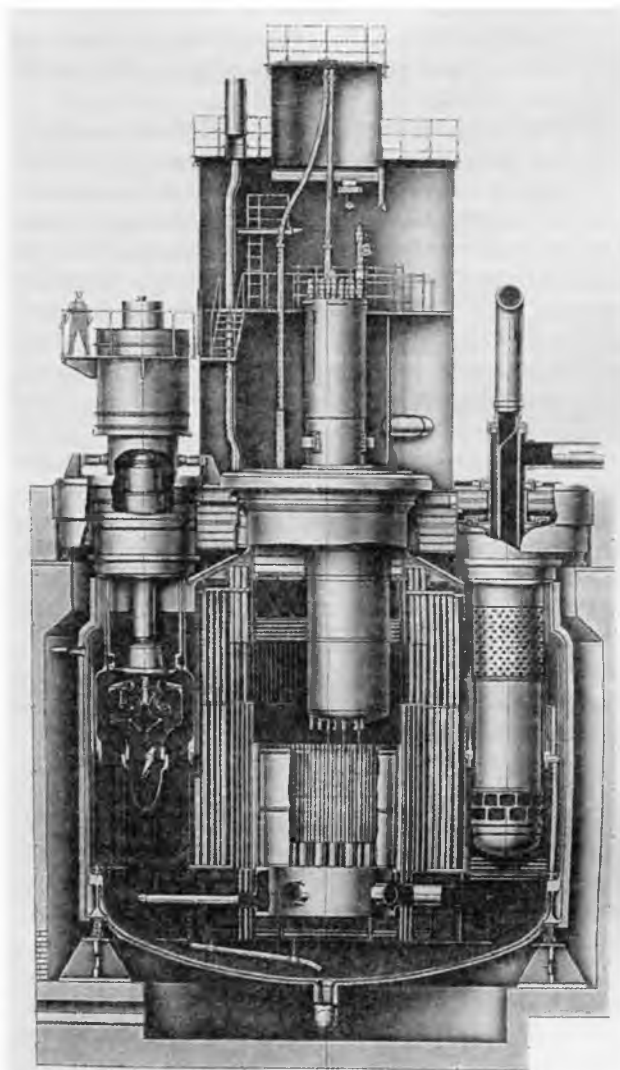
Именно выходцы с «Белоярки» образовали костяк эксплуатационного персонала на Билибинской АЭС, который вместе с персоналом пусконаладочных бригад Белоярской АЭС обеспечил успешный пуск и последующую надежную эксплуатацию всех четырех энергоблоков Билибинской АЭС.

В сентябре 1974 г. директор Белоярской АЭС В.П. Невский был переведен в Министерство энергетики и электрификации на должность начальника управления Главатомэнерго. Вместе с ним в подразделения Министерства перешли на работу группа специалистов Белоярской АЭС. Многие специалисты с БАЭС были направлены на Смоленскую, Балаковскую, Калининскую, а позднее и на Запорожскую АЭС. В разное время на должностях директоров и главных инженеров разных АЭС работали 25 выходцев с Белоярской АЭС, в том числе: Е.В. Корягин, С. П. Мефодьев, Б. Я. Прушинский, Ю.П. Сараев, Г. А. Щапов и др.

Несмотря на интенсивный отток кадров в коллективе станции удержалось достаточно квалифицированных специалистов, которые карьере в столичных организациях и на вновь сооружаемых АЭС предпочли жизнь на Урале и продолжение работы на Белоярской АЭС. Именно эти специалисты сохранили и развили лучшие традиции станции, которые оказались решающими при выборе направления дальнейшего развития Белоярской АЭС.

2. ВЫБОР ПРОЕКТА, СООРУЖЕНИЕ, ПУСК И ОСВОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ III ЭНЕРГБЛОКА БЕЛОЯРСКОЙ АЭС С РЕАКТОРОМ БН-600

С окончанием сооружения первой очереди проблема выбора направлений дальнейшего развития Белоярской АЭС становилась все более актуальной. Возможность расширения станции, по крайней мере III энергоблоком, вполне обеспечивалась совокупностью суще-



Реактор БН-600

ствовавших в то время благоприятных обстоятельств: наличием подготовленной площадки для сооружения III энергоблока; способностью акватории Белоярского водохранилища воспринять сброс тепла с III энергоблока с циркуляционной и технической водой; наличием сформировавшихся коллективов строительно-монтажных организаций, заинтересованных в продолжении работ на площадке; готовностью государства финансировать расширение Белоярской АЭС.

От технического руководства станции требовалось лишь выбрать удачный проект расширения АЭС, а затем обеспечить его успеш-

ную реализацию. Однако выбор пригодных для реализации проектов был в то время не слишком богат.

Располагая практическим опытом эксплуатации I энергоблока, знакомством с проектом II блока, руководство Белоярской АЭС не проявило заинтересованности в продлении сооружения установок с реакторами типа АМБ и их возможными модификациями. Вновь разработанный в то время проект энергоблока с реактором РБМК-1000 был отвергнут как заведомо неприемлемый, поскольку в нем сохранялись многие недостатки, присущие реакторам типа АМБ.

Предложенные проекты энергоблоков с газоохлаждаемыми реакторами были также отвергнуты из-за их недостаточной готовности к практической реализации. Ситуация казалась безнадежной, однако благодаря счастливому стечению обстоятельств, техническое руководство Белоярской АЭС получило доступ к отечественному проекту энергоблока с реактором на быстрых нейтронах БН-600. Этот проект, разработанный Физико-энергетическим институтом, Горьковским опытным КБ машиностроения и Ленинградским отделением Теплоэлектропроекта, был признан интересным и перспективным для реализации именно на площадке Белоярской АЭС, после чего в установленном порядке на государственном уровне было принято соответствующее решение.

Учитывая реальный опыт преодоления трудностей, обусловленных несовершенством проектов, возникших при освоении эксплуатации первой очереди станции, а также допуская возможность ошибочных или неудачных решений в проекте III энергоблока с реактором БН-600, руководство Белоярской АЭС по собственной инициативе образовало специализированную группу из представителей эксплуатационных подразделений станции для оперативного курирования проекта. Первые специалисты были направлены в эту группу в 1967 г., т. е. практически одновременно с началом сооружения главного корпуса III блока. В дальнейшем по мере необходимости группа пополнялась специалистами, в основном из эксплуатационных подразделений станции. Благоприятным обстоятельством оказалось также формирование в 1972 г. на Белоярской АЭС цеха наладки, испытаний и пуска (ЦНИП), в составе которого затем была обра-

зована специализированная служба БН-600 для координации пуско-наладочных работ.

Уже на начальном этапе изучения нового проекта было обращено внимание на неполноту представлений о пожарной безопасности реакторной установки при возможных протечках расплавленного натрия из технологического оборудования в производственные помещения (такие протечки, согласно проектным оценкам, могли достигать по объему десятков кубометров). Это обстоятельство вынудило руководство Белоярской АЭС организовать исследования режимов горения натрия и сопутствующих эффектов при разгерметизации оборудования. В качестве испытательного стенда был использован бокс в строящемся главном корпусе. Подача расплавленного натрия в этот бокс в количестве до 1 м³ осуществлялась из электрообогреваемой емкости, установленной в соседнем помещении.

Проведенные исследования подтвердили существование эффекта самотушения пролитого натрия в относительно герметичных производственных помещениях. Природа этого эффекта состоит в том, что возгорание первой порции расплавленного натрия, поступившей в помещение, приводит к выжиганию кислорода в воздухе, т. е. к самопроизвольному образованию в помещении атмосферы, не поддерживающей горение натрия. Использование эффекта самотушения натрия в соответствующих дополнительных проектных решениях позволило обеспечить пожарную безопасность во всех производственных помещениях III энергоблока с оборудованием натриевых контуров, а полученная практика позволила персоналу станции грамотно и уверенно действовать в имевших впоследствии место ситуациях реальных протечек натрия.

По инициативе Белоярской АЭС из представителей проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций была образована постоянно действующая группа режимов БН-600, которая на своих совещаниях оптимизировала режимы эксплуатации оборудования, алгоритмы переключений при его отказах и иных нарушениях технологии нормальной эксплуатации, а также оптимизировала совмещенный график проведения пуско-наладочных работ. В ходе подготовки к пуску энергоблока группа режимов была преобразована в группу руководства энергетическим пу-

ском (ГРЭП), которая обеспечила оперативное принятие согласованных решений по проблемам, возникавшим во время пуска и в начальный период освоения эксплуатации энергоблока.

Достаточно большая продолжительность сооружения и пуска БН-600 (почти 13 лет) была обусловлена проектным решением о сборке корпуса реактора в здании главного корпуса. Готовность реакторного зала, его мостовых кранов, подъездных путей, вспомогательного оборудования и обеспечивающих систем к началу сборки корпуса реактора была обеспечена в 4 квартале 1972 г., а первые сборочные операции были выполнены в декабре 1972 г. Сборка корпуса реактора выполнялась персоналом местной монтажной организации под контролем кураторов Белоярской АЭС и представителей авторского надзора. На сборку подавались узлы и элементы заводского изготовления с габаритами, допускающими транспортировку этих изделий по железной дороге. Все такие элементы и узлы подвергались 100%-ному входному контролю на площадке Белоярской АЭС, а также выборочному входному контролю представителями станции непосредственно на заводе-изготовителе. В октябре 1978 г. все монтажные работы на реакторе БН-600 были полностью выполнены, были проведены испытания реактора в сборе на герметичность, после чего начались пуско-наладочные работы, предшествующие заполнению реактора жидким натрием.

Необходимым условием пуска III энергоблока было накопление требуемого количества очищенного натрия для заполнения в первую очередь корпуса реактора, а затем для поочередного заполнения петель второго контура. Исходя из реально достижимого темпа поставок натрия в пределах 200—250 т/мес. потребовалось допустить совмещение приемки, накопления и очистки натрия с продолжающимися строительно-монтажными и пуско-наладочными работами. Потребовалось также обеспечить оперативное обслуживание введенных в эксплуатацию систем, оборудования и помещений III энергоблока, для чего со 2 декабря 1978 г. на блоке началось постоянное дежурство оперативного персонала. Именно оперативный персонал осуществил все переключения на оборудовании в ходе подготовки

к пуску, при пуске и вводе в эксплуатацию БН-600, который состоялся 8 апреля 1980 г.

Следует отметить большой личный вклад в сооружение БН-600 энергичностью, инициативой и умением организовать работу бывшего в то время директором станции В.М. Малышева (впоследствии был назначен Председателем Госатомнадзора СССР). Во многом определили успех сооружения БН-600 бывший заместитель В.М. Малышева по капитальному строительству В.Е. Маслов (впоследствии директор Балаковской АЭС), А.П. Доронин, бывший в то время управляющим трестом «Уралэнергострой» и П.М. Романов, руководивший Управлением строительства Белоярской АЭС.

В ходе освоения эксплуатации по инициативе персонала Белоярской АЭС была продолжена оптимизация эксплуатационных режимов и алгоритмов переключений на энергоблоке. В частности, был разработан и освоен практически алгоритм подключения неработающей петли к работающей на двух петлях реакторной установке. Благодаря целенаправленному подбору конструкционных материалов специалистами БАЭС, подмосковного Машиностроительного завода, НИИАР и других организаций удалось достичь выгорания ядерного топлива в ТВС активной зоны реактора в пределах 10—11% тяжелых атомов, эксплуатационный ресурс ТВС довести до 480—500 эф. сут., т. е. с учетом простоев III энергоблока в ремонтах — почти до двух календарных лет.

Несомненной удачей оказалось состоявшееся в конце 1979 г. назначение на должность главного инженера Белоярской АЭС В.И. Купного, чья высокая компетентность была обеспечена опытом оперативной работы на первой очереди и опытом руководства специализированной группой по III энергоблоку АЭС. Именно В.И. Купный всемерно поощрял и поддерживал инициативы персонала АЭС, направленные на осмысление и оптимизацию эксплуатационных режимов и алгоритмов защиты, контроля и управления энергоблоком. Назначение В.И. Купного в 1984 г. директором Запорожской АЭС было воспринято с пониманием, так как созданный при В.И. Купном задел обеспечил последующую успешную эксплуатацию БН-600.

Нынешние руководители БАЭС: директор О.М. Сараев, главный инженер Н.Н. Ошканов, зам. главного инженера по эксплуатации

БП-600 В.В. Выломов выдвигались на свои должности традиционным для Белоярской АЭС способом, а именно, из кандидатов «снизу», и их профессиональные, деловые и человеческие качества были хорошо известны и многократно подтверждены.

По инициативе персонала станции в 1988 г. была выполнена реконструкция теплофикационной установки, предусмотренной по проекту на III энергоблоке. Благодаря реконструкции энергоблок превратился в основной источник теплоснабжения для площадки АЭС и поселка (ныне — города) Заречного, а имеющаяся котельная была выведена в резерв.

Радиационное воздействие реактора БН-600 на окружающую среду за весь период его эксплуатации оказалось практически неощутимым в сравнении с радиационным фоном, обусловленным местными природными и глобальными причинами, а также последствиями эксплуатации энергоблоков первой очереди Белоярской АЭС с реакторами АМБ-100 и АМБ-200.

Хотя проект III энергоблока был выполнен в 60-х годах и дорабатывался в 70-х в соответствии с действовавшими в то время правилами и нормами безопасности АЭС, в ходе эксплуатации удалось выявить такие резервы, которые при ужесточившихся нормативных требованиях позволили обосновать и обеспечить безопасность эксплуатации БН-600, по крайней мере, до истечения проектного срока службы.

Неплохо зарекомендовала себя концепция модульного секционного парогенератора конструкции и изготовления Подольского машиностроительного завода им. Орджоникидзе. Имевшие место в первые годы эксплуатации приработочные отказы в виде неплотностей, приводящих к контактам натриевого и водяного теплоносителей, позволили накопить опыт эксплуатации, повысить качество и улучшить технологию изготовления модулей. Крайне редкие случаи межконтурной неплотности приводят лишь к отключению модуля, секции из трех модулей или в пределе — одной из трех работающих петель реактора без останова блока или характерных для ВВЭР-1000 случаев замены парогенератора с длительным простоем блока.

Вполне удовлетворительными оказались результаты эксплуатации примененного на III энергоблоке отечественного тепломеханического

и электротехнического оборудования. Подтвердилась правильность принципиальных решений, реализованных в АСУ ТП энергоблока, хотя возможности совершенствования компоновочных, функциональных решений и элементной базы, безусловно, существуют.

Испытаниями в реакторе БН-600 подтверждена работоспособность опытных ТВС со смешанным уран-плутониевым топливом, т. е. были созданы основы их практического применения в реакторах типа БН большой мощности, работающих в бридерном режиме.

Сравнение результатов эксплуатации БН-600 с результатами эксплуатации действующих аналогов подтвердило, что в техническом отношении III энергоблок не уступает лучшим зарубежным, а по таким параметрам как среднегодовой КИУМ (80%), КПД установки (42%), радиационная чистота, ремонтпригодность и технологичность во многом превышает их. Недаром западные и восточные специалисты стремятся использовать опыт эксплуатации БН-600 особенно в тех направлениях, которые освоены персоналом БАЭС, и где Россия имеет приоритет.

Таким образом, благодаря освоению и успешной, более, чем 15-летней эксплуатации III энергоблока Белоярской АЭС, созданы научно-технические и производственные предпосылки для развития перспективного направления отечественной ядерной энергетики, основанного на использовании реакторов типа БН. Строительство головного в серии энергоблоков БН-800 на площадке Белоярской АЭС было заморожено с началом экономических и политических преобразований в стране при возобладовавших тенденциях к свертыванию ядерной энергетики. Ныне трезвый экономический расчет, реальная энергетическая и экологическая ситуация в регионе, наличие прошедшего экологическую экспертизу и утвержденного проекта БН-800 с одной стороны, государственная, региональная и научно-техническая необходимость продолжения развития технологии БН — с другой убеждают в возможности сооружения энергоблока с реактором БН-800. Усилия коллектива БАЭС и заинтересованных организаций должны быть направлены на мобилизацию возможных источников финансовых средств для реализации этого проекта.

Нововоронежская АЭС

Н.А. Борискин, В.А. Викин, Г.А. Кулаков

Одна из старейших атомных станций России — Нововоронежская (НВАЭС) расположена в 40 км южнее Воронежа в живописной излучине р. Дон.

В начале 80-х годов НВАЭС являлась одной из крупнейших АЭС страны и была флагманом советской ядерной энергетики, площадкой, на которой были построены и доведены до введения в серию головные энергоблоки водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, строительство которых в 70-х годы интенсивно велось на территории Европейской части СССР, а также при содействии СССР в странах СЭВ: ГДР, Чехословакии, Болгарии, Венгрии, Кубе, а также Финляндии.

Выбор места строительства АЭС в тог далекий 1956 г. был обусловлен острым дефицитом электроэнергии, который испытывала в послевоенные годы Воронежская область. Энергетическая программа Воронежской области тех лет предусматривала строительство в области крупной тепловой электрической станции (ТЭС), которая должна была работать на привозном донецком угле.

Успешный пуск и работа в Обнинске первой АЭС дал толчок созданию программы развития в СССР промышленных энергетических реакторов большой мощности, что позволило начать строительство в Воронежской области АЭС вместо ТЭС.

Строительство НВАЭС продолжалось с 1958 по 1979 г. включительно, т. е. в общей сложности с небольшими перерывами около 21 года.

Основные этапы строительства и освоения мощностей блоков НВАЭС приведены в табл. I. Технические характеристики энергоблоков, построенных на площадке Нововоронежской АЭС, приведены в табл. 2.

За эти годы на площадке НВАЭС построено 5 энергоблоков общей проектной электрической мощностью 2 млн. 455 тыс. кВт, в их числе: I энергоблок с ВВЭР-210 электрической мощностью 210 тыс. кВт, II энергоблок с ВВЭР-365 электрической мощностью 365 тыс. кВт, III и IV энергоблоки с ВВЭР-440 каждый электрической мощностью по 440 тыс. кВт, V энергоблок с ВВЭР-1000 электрической мощностью 1 млн. кВт.

Строительные работы на площадке I энергоблока начались в 1958 г.

В создании I и II блоков НВАЭС принимали участие сотни коллективов научно-исследовательских и проектных институтов, конструкторских бюро и заводов. Причем, когда разрабатывался и проектировался реактор для I блока (ВВЭР-210), у ученых, конструкторов и проектировщиков не было достаточного опыта по разработке реакторов подобного типа и мощности и, естественно, при этом применялся консервативный подход (разумеется в хорошем смысле этого слова) к запасам по прочно-

Таблица I. Основные этапы строительства и освоения мощности энергоблоков Нововоронежской АЭС

Этапы освоения мощности	I блок, ВВЭР-210	II блок, ВВЭР-365	III блок, ВВЭР-440	IV блок, ВВЭР-440	V блок ВВЭР-1000
Начало строительства	1958 г.	1964 г.	1967 г.	1967 г.	1972 г.
Начало пусконаладочных работ	октябрь 1963 г.	ноябрь 1968 г.	декабрь 1970 г.	март 1972 г.	апрель 1978 г.
Энергетический пуск	сентябрь 1964 г.	декабрь 1969 г.	декабрь 1971 г.	декабрь 1972 г.	май 1980 г.
Достижение 100%-ной мощности	декабрь 1964 г.	апрель 1970 г.	июнь 1972 г.	май 1973 г.	февраль 1981 г.

Таблица 2. Основные технические характеристики энергоблоков Нововоронежской АЭС

Характеристика	Блоки				
	I	II	III	IV	V
Реактор					
Электрическая мощность, МВт	210	365	440	440	1000
Тепловая мощность, МВт	760	1320	1375	1375	3000
Количество циркуляционных петель (насосов, парогенераторов)	6	8	6	6	4
Расход теплоносителя через реактор, м ³ /ч	32 500	49 000	45 900	42 000	89 000
Рабочее давление теплоносителя, кгс/см ²	100	105	125	125	160
Средняя температура теплоносителя на входе в реактор, °С	250	252	270	269	290
Средний подогрев теплоносителя, °С	20,7	25,0	27,0	28,8	39,0
Площадь поверхности теплоотдачи твэлов, м ²	2505	2960	3150	3150	4850
Масса урана в активной зоне (диоксид урана), т	44,4	45,1	45,7	45,7	75
Количество топливных сборок, шт.	343	349	349	349	151
Количество органов механической системы регулирования реактивности реактора, шт.	37	73	73	73	109
Высота корпуса реактора (без верхнего блока), м	11,1	12,0	11,80	11,80	10,88
Максимальный диаметр корпуса	4,40	4,40	4,27	4,27	4,57
Внутренний диаметр главных циркуляционных трубопроводов, мм	500	500	500	500	850
Среднее линейное энерговыделение твэла, Вт/см	98,7	123	125	125	176,4
Энергонапряженность активной зоны, кВт/л	46,5	81,0	84,0	84,0	111,1
Максимальное обогащение топлива, %	2	3	3,6	3,6	4,4
Парогенератор					
Производительность, т/ч	230	325	452	452	1469
Расчетная площадь поверхности теплоотдачи, м ²	1290	1800	2500	2500	5040
Турбогенератор					
Количество турбогенераторов, шт.	3	5	2	2	2
Давление насыщенного пара перед турбиной, кгс/см ²	29	30	44	44	60
Давление в конденсаторе турбины, кгс/см ²	0,04	0,04	0,035	0,035	0,06
Мощность турбогенератора, МВт	70	73	220	220	500

сти, надежности и другим характеристикам, важным для безопасной и надежной работы реакторной установки.

Анализируя теперь работу реактора ВВЭР-210, даже с учетом современных позиций, следует отметить его надежность и безопасность. Тогда же создателям ВВЭР-210 предстояла большая и напряженная работа. Разработанные в те годы научным руководителем — Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова, главным конструктором — ОКБ «Гидропресс» и главным проектировщиком — Московским проектным институтом «Теплоэлектропроект» основополагающие принципы конструирования реакторной установки (РУ) легли в основу ВВЭР всех типов.

При строительстве I блока для выполнения работ были привлечены подрядные организации:

на общестроительные работы — управление строительства НВАЭС (впоследствии основной подрядчик при строительстве остальных четырех блоков);

на монтаж оборудования реакторного отделения — трест «Центроэнергомонтаж»;

на монтаж оборудования турбинного отделения — трест «Теплоэнергомонтаж»;

на монтаж электрического оборудования — трест «Электроцентромонтаж» и др.

В то время как на площадке шли строительные работы, в научно-исследовательских и проектных институтах, конструкторских бюро

параллельно шло создание сердца АЭС — ядерного реактора.

Десятки заводов страны приняли участие в изготовлении для Нововоронежской АЭС оборудования. Вот только некоторые из них: Ижорский завод, г. Санкт-Петербург — реактор (корпус, верхний блок); Барнаульский котельный завод — компенсаторы объема; Кировский машиностроительный завод, г. Санкт-Петербург — главные циркуляционные насосы; Подольский машиностроительный завод, г. Подольск Московской обл. — парогенераторы; Калужский турбинный завод, г. Калуга — главные запорные задвижки и другая запорная арматура; Подольский завод — оборудование по перегрузке реактора; Харьковский турбинный завод — турбины; завод «Электросила», г. Санкт-Петербург — турбогенераторы.

Основные строительные-монтажные работы на I энергоблоке закончились к октябрю 1963 г. К этому времени на АЭС был создан костяк коллектива эксплуатационников, которому предстояло проведение на блоке комплекса пусконаладочных работ.

С этого периода на блоке начались основные пуско-наладочные работы, включающие в себя поэтапные испытания оборудования первого контура без загрузки в реактор ядерного топлива, гидравлические испытания, холодная промывка первого контура, ревизия оборудования, горячая обкатка и промывка, ревизия оборудования; поэтапные испытания энергоблока с ядерным топливом, загруженным в реактор, включающие в себя физические испытания и пуск реактора.

К началу монтажных работ на строительстве НВАЭС правительство назначило пусковую комиссию по I энергоблоку во главе с председателем Госкомитета по использованию атомной энергии СССР А.М. Петросьянцем. В свою очередь председатель ГКАЭ определил состав специалистов по пуску I блока, установил численность комиссии и определил ее руководство Н.М. Синевым (заместителем председателя ГКАЭ). В комиссию был включен Ф.Я. Овчинников, директор НВАЭС, переведенный на эту должность в июле 1963 г. с комбината «Маяк». На станции была создана «группа руководства пуском» во главе с главным инженером станции. Именно такая схема была в дальнейшем скопирована на всех последующих АЭС.



Общий вид I блока

В задачу этой группы специалистов, включающей представителей ИАЭ, входило контроль, наблюдение за качеством монтажа и наладки основных видов оборудования.

Пусковая группа собиралась на НВАЭС, регулярно обеспечивая контроль и помощь, налаживая взаимодействие со всеми подразделениями строителей, монтажников и наладчиков. В этой группе активную роль играл Ф.Я. Овчинников и руководящий персонал АЭС. Н.М. Синев лично вникал во все тонкости монтажно-наладочных работ, ликвидируя все неполадки с помощью членов комиссии. Председатель ГКАЭ, учитывая всю важность пуска без перебоев, без возможных инцидентов, срывов крупнейшей в СССР первой промышленной АЭС с реактором ВВЭР, установил особый контроль и принимал активное участие во всех заседаниях пусковой комиссии на НВАЭС.

После проведения удачного физического пуска ядерного реактора ВВЭР в декабре 1963 г. (это был предварительный пуск, требовавший специальной подготовки и материального обеспечения в условиях продолжающегося строительства, реальный физический пуск состоялся непосредственно перед энергетическим пуском) при непосредственном участии специалистов ИАЭ, обеспечивших подготовку персонала АЭС и всей необходимой документации, все внимание было сосредоточено на организации энергетического пуска, решающей стадии всех работ по НВАЭС, как первой промышленной АЭС, открывающей дорогу всем будущим АЭС с водо-водяными реакторами типа ВВЭР.

Успешный физический пуск реактора I энергоблока показал соответствие проектных ядерно-физических характеристик активной зоны реактора полученным экспериментальным путем на полномасштабной активной зоне. До энергетического пуска реактора оставалось чуть больше девяти месяцев.

За это время планировалось завершение всех строительно-монтажных работ на блоке.

30 сентября 1964 г. в 15 час. 45 мин. I блок НВАЭС дал первый электрический ток в энергосистему. С этого момента началась промышленная эксплуатация НВАЭС. Тогда же, 30 сентября, о результатах пуска было доложено Правительству СССР.

В конце октября после месяца работы НВАЭС и бесперебойной выдачи электроэнергии в действующую энергосистему, все результаты работы по строительству и эксплуатации НВАЭС были доложены председателем ГКАЭ СССР на заседании Совета Министров СССР.

Кроме основной задачи — выработки электроэнергии, коллективу эксплуатационников НВАЭС вместе с учеными и конструкторами предстояла большая и напряженная работа по уточнению и доведению до проектных характеристик реакторной установки и блока в целом; освоению и выводу блока на проектную мощность; доводке в процессе эксплуатации головных образцов оборудования; созданию и поддержанию безопасной системы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта радиоактивного оборудования; освоению и реализации технологии перегрузки ядерного топлива под слоем воды и др.

Первый миллиард киловатт-часов электрической энергии I энергоблок выработал в ноябре 1965 г. Всего за 20 лет эксплуатации I блок выработал 24,5 млрд. кВт·ч. При этом средний коэффициент использования установленной мощности за эти годы составил около 67%.

Выше уже отмечалось, что запасы по мощности и надежности, заложенные учеными, конструкторами и проектировщиками в проект ВВЭР-210, позволили впоследствии обогатить и поднять мощность энергоблока с 210 до 240 МВт (январь 1966 г.), а в 1969 году произвести опробование работы блока на мощности 280 МВт.

В 1970—1971 гг. на I энергоблоке был проведен большой объем ремонтных работ, свя-

занных с последствиями обрыва теплового экрана реактора. Поскольку потребовался демонтаж теплового экрана, этому предшествовала полная выгрузка активной зоны и извлечение внутрикорпусных устройств (ВКУ). Это была первая полная выгрузка активной зоны реактора ВВЭР-210.

Демонтаж и удаление внутрикорпусных устройств потребовал создания защитных устройств и приспособлений для дистанционных работ в реакторе, освоения новых методов обработки металлов, в частности методов резки, в том числе резки под слоем воды больших конструктивных элементов реактора, обладающих высокой радиоактивностью. В процессе работ осмотр недоступных мест реактора производился с помощью телевидения. Первый контур перед началом работ был дезактивирован.

Опыт эксплуатации I энергоблока позволил выявить наиболее ненадежное оборудование. На первых порах ими оказались главные циркуляционные насосы первого контура. Используемые в первые годы эксплуатации вертикальные бессальниковые насосы типа ГЦН-138 проявили себя не с лучшей стороны. Попытки усовершенствовать их ничего не дали и поэтому впоследствии было принято решение их демонтировать и смонтировать более надежные — типа ГЦН-309. Для этого потребовалось выполнить огромный объем работ на петлях первого контура, связанный с заменой направляющих аппаратов насоса, так называемых «улиток».

В 1967 г. во время ПНР была проведена реконструкция узла крепления чехловых труб приводов СУЗ к крышке реактора. По проекту трубы крепились к крышке реактора с помощью сварки. В процессе эксплуатации вследствие попадания на сварные швы холодной воды, подаваемой на охлаждение двигателей приводов СУЗ, в швах образовывались сквозные дефекты. Аналогичная работа была проделана в 1970 году на II энергоблоке. Впоследствии опыт эксплуатации Нововоронежской АЭС был использован при проектировании соответствующих узлов для реакторов ВВЭР-440.

Первая полная выгрузка активной зоны реактора I энергоблока позволила получить технологию ревизии и ремонта реакторов и внутрикорпусных устройств после длительного периода эксплуатации. Появление дефектных трубок в парогенераторе № 3 потребовало раз-

работки методики обнаружения дефектных трубок и технологии их глушения. Впоследствии эти методика и технология были использованы на следующих блоках.

Следует отметить довольно высокую надежность парогенераторов, используемых на I—IV энергоблоках НВАЭС, которые отработали без замены 20 лет и более.

В мае 1964 г. началось строительство II блока НВАЭС с реактором ВВЭР-365. Еще в процессе создания I блока в результате проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ была выявлена возможность увеличения мощности реактора при практическом сохранении размеров его корпуса.

В результате этих работ электрическая мощность II энергоблока была доведена до 365 МВт, т. е. повышена почти вдвое путем модернизации активной зоны реактора. При этом было увеличено начальное обогащение ядерного топлива ураном-235 с 2% в ВВЭР-210 до 3% в ВВЭР-365, уменьшена неравномерность энерговыделения по радиусу и высоте активной зоны, увеличен подогрев теплоносителя в активной зоне, повышены средняя тепловая нагрузка в твэлах и расход охлаждающей воды через реактор. Улучшились и экономические показатели блока: удельная стоимость установленного киловатт-часа по сравнению с I блоком снизилась почти в 2 раза. При создании II блока строители, монтажники, наладчики и эксплуатационники в полной мере использовали богатый опыт, накопленный при создании I блока.

30 декабря 1969 г. после выполнения большого объема пуско-наладочных работ и комплексного опробования II энергоблок был принят в эксплуатацию, а в апреле 1970 г. был выведен на проектную мощность.

Всего II блок отработал около 20 лет и в августе 1990 г. решением Правительства СССР был выведен из эксплуатации. II энергоблок не отработал проектный срок эксплуатации, определенный в 30 лет по причине несоответствия требованиям правил безопасности ОПБ-88, начавшим действовать в период подготовки и принятия решения. Проводить реконструкцию II блока с целью доведения его безопасности до требований ОПБ-88 по экономическим соображениям было признано нецелесообразным.

Реакторная установка II блока (ВВЭР-365)

послужила основой для перехода к строительству в СССР серийных блоков с реактором ВВЭР-440. Всего II блок за все время эксплуатации (около 20 лет) выработал около 50,4 млрд. кВт·ч, при этом средний коэффициент использования установленной мощности за эти годы составил около 79%.

Первые энергетические реакторы нашей страны в нелегкой борьбе завоевывали свое место в топливно-энергетическом комплексе, необходимо было доказать их конкурентоспособность. Поэтому в первые годы эксплуатации проводилась систематическая и целенаправленная работа на снижение себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, и доведение ее до уровня себестоимости электроэнергии, производимой на ТЭС, расположенных в регионах Европейской части страны.

На НВАЭС работы по снижению себестоимости вырабатываемой электроэнергии велись по индивидуальным направлениям.

1. Повышение коэффициента использования установленной мощности путем уменьшения числа внеплановых остановов блоков.

2. Снижение топливной составляющей себестоимости. Борьба за получение в реакторах проектных значений глубины выгорания ядерного топлива, а впоследствии — повышение глубины выгорания топлива выше проектной. Уже к концу третьей загрузки средняя глубина выгорания выгружаемого из реактора топлива превысила проектные значения и была в пределах 12—15 МВт·сут./кг урана. Максимальное выгорание топлива к концу шестой загрузки в ТВС с начальным обогащением 2,0% оказалось равным 28,9 МВт·сут./кг урана.

3. Повышение длительности работы топливных загрузок, доведение их длительности до 300—330 сут.

4. Снижение себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на блоках АЭС. Так на II блоке достигнутая себестоимость была в 1,5 раза ниже чем на I блоке.

5. Сокращение длительности простоев блоков в плановом ремонте и на перегрузке ядерного топлива. Первая перегрузка топлива на I блоке была проведена в период с 29 октября по 11 декабря 1965 г., т. е. за 43 дня. Опыт, полученный при первой перегрузке, был тщательно изучен и использован при подготовке последующих перегрузок. В итоге, вторая перегрузка в 1966 г. была проведена за 41 сут., а



Общий вид на III и IV блоки



Машинный зал III и IV блоков

четвертая, в 1968 г., уже за 29 сут. Впоследствии в качестве нормативного срока продолжительности перегрузки для ВВЭР, с учетом опыта НВАЭС, был принят срок 30 сут.

6. Повышение надежности и безопасности работы оборудования.

7. Повышение экономичности турбоагрегатов и другого оборудования второго контура.

8. Снижение расходов на эксплуатацию и ремонт АЭС.

Уже в 1978—1979 гг. на НВАЭС была достигнута себестоимость 1 кВт·ч энергии ниже себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на ТЭС Европейской части России.

В конце 1967 г., когда еще на II энергоблоке шли монтажные работы, началось строительство второй очереди НВАЭС, в состав которой должны были войти два энергоблока электрической мощностью по 440 МВт каждый. Поэтому на этапах проектирования и конструирования этих блоков их создатели стремились заложить в эти энергоблоки технические решения, которые по тому времени были перспективными.

Научным руководителем разработки проектов реакторной установки III и IV энергоблоков был ИАЭ им. И.В. Курчатова, главным конструктором — ОКБ «Гидропресс», главным проектировщиком — Московский институт «Теплопроект».

Заводы-изготовители основного оборудования для III и IV блоков: Ижорский завод, г. Санкт-Петербург — реактор (корпус, верхний блок); Подольский машиностроительный завод, г. Подольск, Московская обл. — парогенераторы; Чеховский завод энергетического машино-

строения, г. Чехов, Московская обл. — главные запорные задвижки, другая запорная арматура; завод «Уралмаш» г. Екатеринбург — оборудование по перегрузке реактора; Харьковский турбинный завод — турбины; завод «Электросила» г. Санкт-Петербург — генераторы.

III и IV энергоблоки в то время имели лучшие проектные характеристики по сравнению с I и II блоками, более высокий уровень автоматизации: в частности, они имели электронные информационно-вычислительные машины ИВ-500, контролирующие основные параметры энергоблоков (они отработали на блоках около 20 лет и уступили на III и IV энергоблоках место более современной информационной системе типа СОТИ); автоматические импульсные регуляторы мощности (ИРМ), следящие за параметрами первого и второго контуров и обрабатывающие возмущения воздействием управляющей группы системы СУЗ и др.

Строительные работы на основных объектах площадки III и IV энергоблоков (главный корпус, гидротехнические сооружения) начались в начале 1968 г. Работы по сооружению монолитных железобетонных конструкций реакторного отделения и монтаж сборных железобетонных конструкций турбинного отделения велись параллельно.

С начала 1969 г. приступили к монтажу основного оборудования, включая корпус реактора и парогенераторы III блока. Окончание монтажа главного циркуляционного контура дало возможность в декабре 1970 г. провести гидравлические испытания оборудования и трубопроводов.

В 1971 г. производили монтаж электрооборудования, вспомогательного оборудования и контрольно-измерительных приборов, поузловое опробование систем, горячую обкатку оборудования и другие пусконаладочные работы. Поскольку системы, общие для III и IV блоков были в основном смонтированы и налажены к пуску III блока, то строительные, монтажные и пуско-наладочные работы по этим системам для IV блока были выполнены примерно за один год до его пуска.

В период сооружения III и IV энергоблоков строителями и монтажниками был освоен ряд передовых для того времени технологий, в частности, использование металлической инвентарной опалубки при изготовлении монолитных железобетонных конструкций, защитной металлизации металлической облицовки из углеродистой стали, автоматической сварки основных трубопроводов главного циркуляционного контура и др.

Проведение пуско-наладочных работ (ПНР) на АЭС представляет собой наиболее ответственный завершающий этап в сооружении ядерного энергетического блока. В это время осуществляется наладка и опробование оборудования и систем энергоблока, поэтапные и комплексные испытания блока в целом и вывод его на мощность. Уже тогда стало ясно, что НВАЭС имеет богатый опыт проведения пуско-наладочных работ и этот опыт может быть востребован на других АЭС с ВВЭР-440, строительство которых к тому времени началось в СССР и других странах: ГДР, Болгарии, Финляндии и др.

В 1972 г. создан цех наладки и пуска энергоблоков АЭС, впоследствии отделившийся от НВАЭС и ставший самостоятельным предприятием. Ныне это предприятие «Нововоронеж-атомтехэнерго». Период пусконаладочных работ на III блоке охватывает год — с декабря 1970 по декабрь 1971 г.

Энергетический пуск реактора III блока произведен 30 декабря 1971 г. Освоение проектной мощности головного энергоблока произведено за 6 мес. Блок достиг проектной мощности в июне 1972 г. Причем, реальное время освоения мощности составило 4 месяца, 2 месяца блок не мог работать на проектной мощности в связи с остановом турбогенератора № 9 из-за поломки рабочей лопатки.

Энергетический пуск реактора IV блока



Блочный щит управления III блока

произведен 30 декабря 1979 г. IV блок был выведен на проектную мощность менее чем за 3 месяца — в марте 1973 г. суммарная проектная электрическая мощность НВАЭС стала равной 1 млн. 455 тыс. кВт, и НВАЭС стала одной из крупнейших АЭС в мире.

Фактическая электрическая мощность блока для климатических условий региона расположения НВАЭС, определяющих температуру охлаждающей воды и глубину вакуума в конденсаторах турбин, оказалась равной 417 МВт, которая впоследствии и была принята в качестве установленной мощности III и IV блоков.

В эксплуатации НВАЭС, а в особенности III и IV энергоблоков очевидны два этапа: до событий на Чернобыльской АЭС и после. Чернобыльские события ускорили выход в 1989 г. новых Правил ОПБ-88, привели к возникновению новых требований в части обеспечения безопасности АЭС и выявили несоответствие новым требованиям Правил проектов III и IV блоков и необходимость в связи с этим проведения работ по их модернизации.

Для поддержания приемлемого уровня безопасности АЭС в 1990 г. было принято совместное решение Министерства атомной энергетики и промышленности СССР и Госпроматомнадзора СССР «Об особом режиме эксплуатации энергоблоков № 3, 4 Нововоронежской и № 1, 2 Кольской АЭС», предусматривающее внедрение отдельных мероприятий, повышающих безопасность АЭС, соответствующих процедур по эксплуатации и проведение первоочередных реконструктивных работ.

В развитие этого документа в 1991 г. была принята «Комплексная программа по расши-

рению особого режима эксплуатации», а в 1992—1993 гг. с учетом рекомендаций МАГАТЭ разработана «Концепция повышения безопасности 3, 4 бл. НВАЭС».

Анализ пятилетней эксплуатации III и IV энергоблоков НВАЭС в условиях действия вышеназванных документов показал, что в целом обеспечивался удовлетворительный уровень безопасной эксплуатации энергоблоков.

В 1995 г. дополнительно разработаны и утверждены «Компенсирующие мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию энергоблоков 3, 4 НВАЭС».

В основу разработки «Компенсирующих мероприятий...» легла экспертная оценка влияния имеющихся отступлений проекта энергоблоков от требований современных нормативных документов на обеспечение глубоководной защиты, основанной на обеспечении сохранности и эффективности во всех режимах нормальной эксплуатации и в проектных авариях барьеров на пути распространения радиоактивности в окружающую среду.

В процессе освоения и вывода III и IV энергоблоков на проектную мощность, освоения и доводки их оборудования коллективом эксплуатационников НВАЭС совместно с научным руководителем, главным конструктором и главным проектировщиком и научно-исследовательскими институтами и заводами были решены следующие задачи.

1. Освоение и оптимизация топливного цикла ВВЭР-440. Получение в реакторах проектных значений выгорания топлива, неравномерностей распределения энерговыделения, продолжительности работы топливных загрузок. Так, в активной зоне III энергоблока при использовании топлива с проектным начальным обогащением 3,3% (с ПЭЛ) уже к концу третьей загрузки (1974 г.) были достигнуты средняя глубина выгорания топлива 20,1 МВт·сут./кг урана, максимальное выгорание топлива в ТВС 24,7 МВт·сут./кг урана. Перевод в 1974 г. реактора III блока на подпитку топливом серийного обогащения (2,4% и 3,6%) позволил превысить проектные значения выгорания уже в 1976 г. В реакторе IV энергоблока для подпитки сразу использовалось топливо серийного обогащения (2,4% и 3,6%), поэтому к концу работы третьей топливной загрузки (1976 г.) средняя глубина выгорания в выгораемом топливе превысила

проектное значение и составила 30,1 МВт·сут./кг урана. Полученные значения коэффициентов неравномерностей энерговыделения по радиусу составили 1,25—1,35. Продолжительность работы топливных загрузок достигнута равной 280—230 эф. сут.

2. Освоение проектных значений технико-экономических показателей энергоблоков (выработка электроэнергии, коэффициент использования установленной мощности, себестоимость отпущенной электроэнергии, КПД и др.).

3. Повышение надежности и безопасности работы отдельного оборудования и энергоблока в целом за счет выявления проектных и конструктивных недоработок. Модернизация оборудования первого и второго контуров.

4. Разработка и внедрение методов контроля негерметичности оболочек твэлов на остановленном реакторе.

5. Проведение испытаний в реакторе и послереакторных исследований как серийных так и опытных ТВС и другие работы.

Всего по состоянию на 01.01.96 г. III и IV энергоблоки выработали 63,6 млрд. кВт·ч. и 66,3 млрд. кВт·ч электроэнергии соответственно, при этом коэффициент использования установленной мощности энергоблоков составил около 71% и 78%, соответственно.

Новым этапом развития НВАЭС явилось начало строительства в 1972 году энергетического блока электрической мощностью 1000 МВт с реактором ВВЭР-1000. Этот блок являлся головным для большой серии АЭС, оснащаемых корпусными энергетическими реакторами водо-водяного типа ВВЭР-1000.

Проект блока был выполнен Московским институтом «Теплоэлектропроект». Главный конструктор реакторной установки — ОКБ «Гидропресс». Научное руководство разработками осуществлялось Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова. В создании уникального оборудования АЭС принимали участие ведущие предприятия страны: Ижорский и Кировский заводы, производственное объединение «Электросила», Харьковский турбинный завод и др.»

Проектные технические характеристики V блока улучшены не только за счет увеличения мощности, но и в результате усовершенствования оборудования и снижения экономических затрат.



Общий вид V блока



Машинный зал V блока

На энергоблоке реализованы принципиальные для того времени технические решения и научные разработки для ВВЭР-1000. Основными из них являются следующие.

1. Расположение оборудования радиоактивного контура внутри защитной цилиндрической оболочки из предварительно напряженного железобетона, рассчитанной на локализацию последствий аварии при разрыве главного циркуляционного трубопровода Ду-850, совпадающим по времени с режимом полного обесточивания энергоблока. Таким образом, реактор полностью изолируется от окружающей среды.

2. Более эффективное использование внутрикорпусного объема реактора за счет перехода от характерного для предыдущих реакторов способа компенсации реактивности с помощью «двухэтажных» кассет системы управления и защиты к «одноэтажным» пучкам поглощающих стержней в сочетании с жидкостным борным регулированием. Это позволило увеличить размеры активной зоны в пределах корпуса, транспортабельного по железным дорогам.

3. Использование более легких по весу органов регулирования реактора не требует применения мощных приводов и механизмов. В проекте ВВЭР-1000 использовались электромагнитные шаговые и плунжерные приводы с воздушным охлаждением.

4. Дальнейшее повышение удельной энергонапряженности активной зоны за счет снижения неравномерностей распределения энерговыделения по радиусу и длине активной зоны и увеличения глубины выгорания топлива.

5. Повышение параметров теплоносителя при одновременном увеличении единичных

мощностей основного оборудования первого контура благодаря применению высокопроизводительных главных циркуляционных насосов (ГЦН-195) с большим временем выбега при внезапном обесточивании за счет использования энергии маховика.

6. Использование в проекте двух мощных турбоагрегатов — К-500-60/1500 на более высокие параметры пара — 60 кгс/см².

7. Тройное резервирование систем и оборудования, имеющих отношение к безопасности АЭС, наличие активных и пассивных систем безопасности.

8. Контроль и управление реактором с помощью управляющей вычислительной системы «Комплекс Уран-В» и турбоагрегатами с помощью автоматизированной системы управления АСУТ-500.

Хотя энергоблок был спроектирован и построен до введения правил ОПБ-82, но в целом его реакторная установка соответствовала требованиям правил по обеспечению безопасности. Оборудование для главного циркуляционного контура (ГЦК) с характеристиками и условиями эксплуатации, соответствующими требованиям для ВВЭР-1000, было создано в СССР в то время впервые.

Главный циркуляционный контур (ГЦК) V блока НВАЭС включает в себя реактор тепловой мощностью 3000 МВт и четыре петли с внутренним диаметром трубопроводов 850 мм, каждая из которых состоит из ГЦН-195, парогенератор ПГВ-1000 и одной главной запорной задвижки на холодном и горячем трубопроводах петля. К неотключаемой части ГЦК подсоединен компенсатор объема и трубопроводы систем аварийного расхолажива-



Блочный щит управления

ния. Трубопроводы от четырех гидроемкостей для аварийного залива активной зоны при больших течах теплоносителя подключены непосредственно к корпусу реактора, попарно в верхний и нижний объемы.

В компоновке V энергоблока предусмотрены два турбоагрегата. Конденсаторы турбин охлаждаются водой из искусственного пруда-охладителя площадью около 4,9 км², созданного специально для целей охлаждения.

На случай выхода из строя блочного щита управления (БЩУ) проектом предусмотрен резервный щит управления, с которого можно осуществлять все необходимые операции по управлению системами безопасности, остановке и расхолаживанию энергоблока в аварийной ситуации.

Пусконаладочные работы на V блоке начались в апреле 1978 г. и включали в себя: функциональное опробование отдельных систем; гидравлические испытания и циркуляционную промывку ГЦК; первую ревизию оборудования реакторной установки; горячую обкатку реакторной установки; вторую ревизию оборудования реакторной установки; испытания защитной оболочки; загрузку активной зоны; физический пуск; энергетический пуск и поэтапное освоение мощности.

Продолжительность пусконаладочных работ, начиная с этапа гидравлических испытаний и циркуляционной промывки до освоения проектной мощности, составила 382 сут.

На всех этапах до энергетического пуска параллельно с наладкой оборудования реакторного отделения шли пусконаладочные работы в

машинном зале, включая пуски турбоагрегатов паром, поступавшим с III и IV блоков АЭС.

В период первой ревизии был окончен монтаж штатных систем АЭС и смонтированы специальные экспериментальные системы измерения, предназначенные для тщательного исследования напряженного состояния и вибрации в реакторе и внутрикорпусных устройствах, оборудования ГЦК, а также для изучения пульсаций давления теплоносителя и гидродинамических характеристик ГЦК при горячей обкатке.

Реактор был выведен в критическое состояние в 4 час. 35 мин. 30.04.80 г. Пусконаладочные работы и испытания, проведенные на V энергоблоке НВАЭС, подтвердили правильность основных проектных и конструкторских решений, принятых при создании систем и оборудования головной реакторной установки ВВЭР-1000.

В процессе освоения и вывода V энергоблока на проектную мощность НВАЭС совместно с научным руководителем, главным конструктором, главным проектировщиком и научно-исследовательскими институтами и заводами были решены следующие задачи.

1. Освоение двухлетнего топливного цикла с использованием топлива начального обогащения 2,0; 2,4; 3,0 и 3,3%. Получение для топлива обогащением 3,3% при среднем проектном значении глубины выгорания в 26,5 МВт·сут./кг урана следующих значений при использовании в течение двух загрузок: среднее значение глубины выгорания в выгруженной ТВС — 21,0 МВт·сут./кг урана, максимальное значение — 24,7 МВт·сут./кг урана.

2. Освоение трехлетнего топливного цикла с использованием топлива начального обогащения 3,0 и 4,4% и получение при этом в выгружаемых тепловыделяющих сборках среднего выгорания 47 МВт·сут./кг урана (при проектном значении — 40 МВт·сут./кг урана) и максимального выгорания 49 МВт·сут./кг урана (при проектном значении — 49 МВт·сут./кг урана).

В процессе эксплуатации V блока на проектной мощности были проведены работы по модернизации и реконструкции блока, направленные на обеспечение безопасной его эксплуатации. Вот только некоторые из них: замена парогенераторов ПГВ-1000 на ПГВ-1000М; реконструкция в парогенераторах систем раздачи

питательной воды и их продувки; реконструкция отдельных систем и узлов ГЦН; реконструкция канатов защитной оболочки и их узлов натяжения; замена трубных частей подогревателей низкого давления на трубные части из нержавеющей стали; реконструкция системы промперегрева турбоагрегатов № 13,14 с монтажом новых сепараторов на греющем паре; монтаж на ввод в эксплуатацию блочной обессоливающей установки (БОУ), отсутствующей в проекте, для обеспечения второй контура обессоленной водой; реконструкция трубопроводов и уплотнений турбопитательного насоса; замена обеих статоров и роторов на генераторах №13,14; монтаж не предусмотренных проектом систем пожаротушения, реконструкция имеющихся; покрытие электрических кабелей специальной огнезащитной пастой; замена вычислительных машин комплекса «УРАН» (М 7000 на СМ-2М) и др.

В целом следует отметить, что коллективом НВАЭС выполнен огромный объем работ по повышению надежности V блока и реконструкции его оборудования.

V энергоблок за все время эксплуатации по состоянию на 01.01.96 г. выработал около 80,8 млрд. кВт·ч. электроэнергии, при этом коэффициент использования установленной мощности составил около 59%.

Столь низкий коэффициент использования установленной мощности объясняется тем, что V блок простоял с июня 1988 г. по август 1989 г. по причине замены парогенераторов, а также тем, что из-за неудачной конструкции уплотнения водяной системы охлаждения роторов генераторов турбоагрегаты часто находились во внеплановом ремонте.

По состоянию на 01.01.96 г. НВАЭС за все время эксплуатации выработала 285,6 млрд. кВт·ч. электроэнергии. В табл. 3 приведены наиболее важные технико-экономические показатели работы НВАЭС.

Успешная работа энергоблоков НВАЭС позволила получить ценный опыт эксплуатации, который впоследствии был использован не только в нашей стране, но и за рубежом.

Можно без преувеличения сказать, что отработка современного твэла и ТВС реакторов типа ВВЭР происходила на базе НВАЭС. Разработки ОКБ «Гидропресс», конструкторов твэлов ВНИАМ и ВНИИНМ, усовершенствования технологии изготовления, предпринятые

Таблица 3. Техничко-экономические показатели работы Нововоронежской АЭС

Год	Выработка электроэнергии	КИУМ, %	КПД	
			брутто, %	нетто, %
1964	0,1	28,1	25,50	20,50
1965	1,0	55,2	26,96	24,30
1966	1,3	68,0	27,70	25,30
1967	1,4	74,3	27,46	25,30
1968	1,6	49,0	26,90	24,37
1969	1,4	76,3	27,00	24,70
1970	1,6	49,0	26,90	24,30
1971	2,0	62,0	27,23	25,06
1972	5,4	60,7	26,84	24,54
1973	8,7	68,0	27,89	25,62
1974	9,7	76,0	28,27	26,11
1975	9,1	71,7	28,37	26,16
1976	9,8	76,3	28,48	26,29
1977	10,1	79,1	28,71	26,66
1978	10,5	82,5	28,28	26,84
1979	9,9	78,9	28,54	26,52
1980	11,4	64,8	28,52	26,49
1981	15,6	73,8	29,03	26,91
1982	15,8	75,0	29,26	27,16
1983	17,3	82,2	29,57	27,48
1984	17,4	82,3	30,20	28,08
1985	16,7	86,7	30,43	28,27
1986	13,1	67,8	30,65	28,59
1987	15,0	77,9	30,29	28,28
1988	11,3	58,5	29,62	27,26
1989	11,2	58,2	28,98	26,54
1990	9,8	60,2	29,94	27,27
1991	10,0	62,5	30,86	28,42
1992	10,0	61,8	30,64	28,05
1993	11,1	69,4	31,14	28,73
1994	7,5	46,8	30,41	27,81
1995	8,8	54,9	31,06	28,72

Итого: 285,6 68,9*

* — среднее значение

Электростальским и Новосибирским заводами, были поддержаны опытно-промышленной эксплуатацией и послереакторными исследованиями в горячей камере на НВАЭС.

За период с 1967 г. по настоящее время в горячей камере НВАЭС было исследовано 38 ТВС серийных и опытных типов реакторов ВВЭР-210, ВВЭР-365, ВВЭР-440. Переход со стержневого на таблеточное топливо, поддув твэлов гелием, герметизация твэлов контактно-стыковой сваркой, введение циркониевых дистанционирующих решеток твэльного пучка, выявление максимальных возможностей

твэлов по выгоранию — примеры этапов пройденного пути. По инициативе и с творческим участием специалистов НВАЭС на этой АЭС впервые стали использовать топливные загрузки с пониженной утечкой нейтронов (выгоревшее топливо — на периферии зоны), кассеты СУЗ 3,6% обогащения в дополнение к проектным 2,4% на ВВЭР-440, кассеты обогащения 3,0% в дополнение к проектным 4,4% на V блоке в трехгодичном топливном цикле, да и сам трехгодичный топливный цикл на ВВЭР-1000 впервые осваивался на НВАЭС. Некоторые предложения в этой области еще ждут своей реализации.

Когда выявились проблемы с обеспечением радиационного ресурса корпусов реактора ВВЭР-440 (III энергоблок) первого поколения, связанные с повышенным охрупчиванием, станция обеспечила специалистам ИАЭ им. И.В. Курчатова расширенный объем облучения образцов металла из реакторов НВАЭС, для дополнительных исследований механизма охрупчивания и восстановления свойств, а в 1987 г. по инициативе станции на III блоке впервые в мировой практике был осуществлен высокотемпературный отжиг металла сварного шва № 4 корпуса реактора.

Температурно-временной режим отжига был разработан и обоснован ИАЭ им. И.В. Курчатова. В сотрудничестве с ОКБ «Гидропресс», Курчатовским институтом, ВНИИАЭС, ЦНИИТМАШ, были отработаны все технологические тонкости проведения отжига в условиях действующего энергоблока. В дальнейшем, на основе успешного опыта НВАЭС объединением этих фирм отжиг был реализован на ряде энергоблоков ВВЭР в нашей стране и за рубежом, как одна из радикальных мер по поддержанию безопасности и ресурса корпусов с позиций устойчивости к хрупкому разрушению.

Можно привести еще ряд примеров новационной деятельности на НВАЭС: освоение методики химобработки воды, охлаждающей конденсаторы турбин (циркводы); внедрение технологий поддержания чистоты поверхности трубчатки парогенераторов применением комплексонов; отработка на I и II блоках технологии дезактивации внутренних поверхностей оборудования первого контура, в том числе в сборе с активной зоной; эта технология находит применение и при снятии блоков с экс-

плуатации; ряд модернизаций на турбоагрегатах и оборудовании первого и второго контуров; разработка и реализация проекта теплофикационной установки для отопления г. Нововоронежа отбором низкопотенциального тепла от турбин I—III энергоблоков АЭС; внедрение совместно с «Воронежэнерго» противоаварийной системы автоматики, повысившей устойчивость работы двух энергосистем Юга и Центра. И этот перечень можно продолжить.

НВАЭС активно участвовала в работе МАГАТЭ по анализу безопасности ВВЭР-440 (проект 230). АЭС приняла ряд миссий МАГАТЭ, и западные эксперты подробно ознакомились с проектом III и IV блоков АЭС и эксплуатационной практикой. В итоге было констатировано, что наши подходы к проблемам во многом совпадают и результаты работы миссий были учтены при разработке концепции модернизации III и IV блоков.

НВАЭС в нашей стране и за рубежом известна своими кадрами: эксплуатационниками и ремонтниками.

Становлению коллектива в большой степени способствовал приезд на НВАЭС в 1963 году большой группы специалистов с химкомбината «Маяк» во главе с Ф.Я. Овчинниковым, ставшим директором НВАЭС и возглавлявшим ее в течение 15 лет, при непосредственном участии которого прошло становление Нововоронежской АЭС.

Кроме того, на НВАЭС с начала пуска I блока приехала группа специалистов, ранее работавших и служивших на атомных ледоколах, подводных лодках. Все эти люди заняли впоследствии на АЭС ключевые административные, технические и рабочие должности. Работа на НВАЭС на всех этапах освоения энергоблоков требовала от людей высокой квалификации, самоотверженного труда и преданности делу. Высокий уровень квалификации персонала НВАЭС постоянно отмечают ино-



Ф.Я. Очинников,
директор НВАЭС
в 1963—1978 гг.

странные специалисты, посещавшие Нововоронежскую АЭС, в том числе и эксперты МАГАТЭ, оценивающие эксплуатационную безопасность НВАЭС (III и IV энергоблоки в рамках) миссии ОСАРТ.

Самоотверженный труд отдельных работников НВАЭС по достоинству отмечен высокими правительственными наградами. Сотни энергетиков Нововоронежской АЭС награждены орденами и медалями СССР и России. Бывший директор АЭС Ф.Я. Овчинников, бригадир слесарей ТТО Н.Г. Максимов удостоены звания Герой Социалистического Труда. Семь работников НВАЭС награждены орденом Ленина. НВАЭС в прямом смысле являлась кузницей кадров для АЭС СССР. Много специалистов с НВАЭС и сейчас работают на АЭС России, СНГ, оказывали помощь за рубежом в странах СЭВ, на Кубе и Финляндии в наладке, пуске и освоении энергоблоков с ВВЭР-440. Свой богатый опыт специалисты НВАЭС передают делегациям зарубежных специалистов, посещающих Нововоронежскую АЭС.

Нынешнее состояние Нововоронежской АЭС отражает состояние топливно-энергетического комплекса России.

Нововоронежских энергетиков беспокоит и

волнует проблема неплатежей за отпущенную электроэнергию, что сказывается на своевременности выдачи заработной платы, создает трудности в поддержании безопасности АЭС на заданном уровне. Отсутствие у АЭС собственных финансовых средств, а также централизованного государственного финансирования не всегда дает возможность проводить своевременно и в нужном объеме реконструкцию и модернизацию действующих энергоблоков станции.

Хотя решение о сооружении на площадке НВАЭС VI и VII энергоблоков принято на всех уровнях, однако, в связи с отсутствием финансирования работы по сооружению этих новых энергоблоков еще не начаты.

Нынешнее состояние беспокоит коллектив НВАЭС, поскольку вывод из эксплуатации III и IV энергоблоков по причине истечения их проектного срока (соответственно в 2001 и 2002 году), если не будет принято решение о продлении их дальнейшей эксплуатации, создаст серьезную проблему выживания и сохранения квалифицированного коллектива энергетиков Нововоронежской АЭС, серьезно обострит энергетический кризис в регионе.

Ленинградская атомная электростанция

К.А. Рендель

Днем рождения Ленинградской АЭС принято считать 23 декабря 1973 г., когда члены Государственной приемочной комиссии, после 72-часового экзамена, который держали все технологические системы первого в нашей стране ядерного энергоблока большой единичной мощности, поставили свои подписи под «экзаменационным листом». Но сердце ядерного исполина начало биться на три месяца раньше — 12 сентября, и именно тогда всю мировую печать облетело сенсационное сообщение: «Первый из семьи атомных гигантов России обретает жизнь!». И именно этот день можно смело называть днем рождения большой ядерной энергетики России.

В качестве базового для ЛАЭС был принят энергоблок электрической мощностью 1000 МВт с реактором РБМК-1000 — гетерогенным канальным реактором на тепловых нейтронах, в котором в качестве замедлителя используется графит, а теплоносителем служит вода.

Создатели ЛАЭС еще в начале 60-х годов разработали концепцию мощных реакторов канального типа с графитовым замедлителем. Они опирались на опыт реакторных установок такого конструкционного направления на первой в мире Обнинской АЭС, опыт I и II блоков Белоярской АЭС, Билибинской и Сибирской атомных станций. Применительно к разработанной концепции были созданы технологии промышленного изготовления специальных радиационно-стойких конструкционных материалов (в том числе на основе циркония) для твэлов и технологических каналов активной зоны реакторов типа РБМК. К достоинствам канальных реакторов, позволивших стране обеспечить быстрое развитие ядерной энергетики, следует отнести то, что для их сооружения не требовались крупногабаритные корпуса. Важной особенностью канальных реакторов такого типа является и то, что перегрузка ядерного топлива производится без остановки их, «на ходу», с помощью специально сконструированной разгрузочно-загру-

точной машины, а это позволяет поднять коэффициент использования мощности РБМК.

Активная зона реактора этого типа представляет собой графитовую кладку в виде цилиндра диаметром 11,8 м и высотой 7 м, которую пронизывают вертикальные каналы с внутренним диаметром 80 мм из циркониевого сплава. Внутри каналов располагаются тепловыделяющие сборки (ТВС), каждая из которых содержит 18 твэлов из диоксида обогащенного урана. Подвод воды и отвод пароводяной смеси осуществляется для каждого канала индивидуально. В РБМК-1000 эти каналы через соответствующие коллекторы сгруппированы в два независимых друг от друга контура, каждый из которых охватывает половину реактора.

С помощью главных циркуляционных насосов (ГЦН) воду прогоняют снизу через каналы с ТВС и нагревают до кипения. После сепарации в барабанах-сепараторах образовавшийся пар поступает непосредственно на турбину, а затем в конденсатор, и насосы вновь возвращают конденсат в реактор. Такую схему называют одноконтурной, и она типична для реакторов с кипящим теплоносителем.

Главным научным руководителем проекта РБМК-1000 был Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, главным конструктором — НИКИЭТ, главным проектантом — ВНИПИЭТ. Работая над проектом нового канального реактора, они учитывали также передовой опыт в отечественной и мировой теплотехнике. ЛАЭС стала стартовой площадкой не только для новых реакторов большой единичной мощности, но и для наиболее крупных в то время отечественных турбогенераторов. На каждом энергоблоке их по два, каждый электрической мощностью по полмиллиона киловатт. Их рождение было непростым делом. У турбин с частотой вращения до 3000 об./мин были сторонники и противники. Когда конструкторы Харьковского турбогенераторного завода предложили свою «крестницу» для буду-



Проходная Ленинградской АЭС

шего I блока ЛАЭС, нашлись специалисты, которые утверждали, что для насыщенного пара нужнее низкооборотные — до 1500 об./мин турбины. Но министр отрасли Е.П. Славский поддержал харьковчан. Среди их сторонников были и академик А.П. Александров, и многие другие ученые и конструкторы. И они оказались правы. Высокооборотные турбины выдержали проверку временем.

В те годы, когда строили первый энергоблок-«миллионник», родился замечательный творческий союз коллектива ЛАЭС с предприятиями, конструкторскими бюро, научно-исследовательскими институтами, которые были причастны к рождению первенца большой ядерной энергетики России.

Первый ковш земли из котлована под фундамент главного здания будущей АЭС экскаватор поднял 6 июля 1967 г., и чуть больше шести лет потребовалось, чтобы I энергоблок дал промышленный ток. ЛАЭС строила вся страна, создавая, как нуждается в электроэнергии Северо-Запад России, где создавали все новые и новые предприятия, испытывавшие в электроэнергии большую потребность. Этот регион страны не случайно был избран для сооружения крупнейшей в ту пору в Европе АЭС. Северо-Запад не богат топливными ресурсами. Тепловые станции здесь используют привозной уголь и мазут, газ, поступающий из Сибири. Двадцать пять эшелонов угля ежедневно понадобилось бы для классических ТЭС с такой же мощностью, как ЛАЭС-1, и ровно столько же вместо ЛАЭС-2. Ведь в то время, как первая очередь атомной станции в Сосновом Бору в 98 км Петербурга

уже строилась, правительство приняло решение к двум «миллионникам» прибавить еще два. Их возвели неподалеку, на площадке в полутора километрах от первой очереди. Руководители страны и Ленинградской области приняли во внимание расчеты экономистов, обосновавших необходимость и целесообразность такого решения. Ведь это позволяло не только покончить с дефицитом электроэнергии Ленинградской области и города на Неве, но и дать возможность снабжать энергией другие города и области региона. Отпадали заботы о железнодорожных перевозках топлива, строительстве многочисленных подъездных путей, о проблемах, связанных с погрузкой и выгрузкой, удалением шлака, а главное — не загрязнялась атмосфера углекислым газом и многими другими вредными для окружающей среды отходами теплового энергетического производства.

Выбирая площадку под строительство ЛАЭС, учитывали малую населенность в зоне ее расположения; рядом был Финский залив, который без ощутимого ущерба для его гидробиологического режима, мог обеспечить охлаждение вспомогательных систем. Для выбора площадки имело также значение, что мимо Соснового Бора проходит железнодорожная магистраль, а вдоль побережья от самого Петербурга идет сеть автодорог с твердым покрытием.

Коллектива ЛАЭС составили высококвалифицированные специалисты ядерной энергетики из Сибири. Операторы, как и ведущие инженеры имели 5—7-летний опыт работы, начальники смен 10—15-летний стаж. Приглашены были и отличные специалисты из тепловой энергетики, такие как А.П. Петров, ставший руководителем электрического цеха, Г.П. Негривода, возглавивший цех тепловой автоматики и измерений. Сибирякам А.И. Хромченко и К.Д. Рогову доверили реакторный и химический цеха, Ю.А. Здору — турбинный. Каждый из них внес неоценимый вклад и в строительство, и в пуско-наладку, и в освоение АЭС.

Для создания ЛАЭС было характерно то, что эксплуатационники вместе с проектантами и конструкторами, строителями, монтажниками, наладчиками работали рука об руку, вместе искали и находили новые технические решения.

— Мы как-то в своей технологической группе, — вспоминал один из первостроителей ЛАЭС О.В. Карпов, ставший впоследствии руководителем смены станции, — решили под-

считать, какие из 250 технологических систем нам пришлось переделывать на стадиях проектирования, изготовления, строительства и монтажа. В конечном счете оказалось, что нет такой систем, которая не подвергалась бы совершенствованию. Было сделано немало интересных и смелых находок, настоящих открытий, которые одобрили и поддержали ученые, конструкторы, проектировщики.

Коллектив ЛАЭС в период создания своей станции внедрил и несколько весьма важных организационных новинок. Автором одной из них с полным правом можно назвать первого директора станции В.П. Муравьева. Он сумел убедить министерство передать ЛАЭС все бюджетные расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Эта практика актуальна и сегодня, когда идет проектирование замещающих мощностей ЛАЭС, и станция являясь самостоятельной эксплуатирующей организацией, сама направляет средства непосредственно в НИИКИЭТ, на разработку нового реактора и новых технологических систем. Эксплуатационники ЛАЭС работают непосредственно с институтами и КБ, действуют в тесном контакте с предприятиями-поставщиками оборудования.

А в период создания ЛАЭС интересной организационной формой работы с производителями стало образование специальной контрольно-приемочной инспекции. Инспекторы ЛАЭС на заводах-изготовителях действовали так, как военпреды на оборонных предприятиях. Творческое содружество с изготовителями помогло внедрению современных методов контроля качества и даже новых технологий. Совершенствованию многих технологических систем помогло и создание на ЛАЭС специальной команды из опытейших специалистов, которые предусматривали все возможные ситуации во время эксплуатации: к чему приведет то или иное нарушение режима, правил, конструкций. Они совместно искали решения, как избежать опасных ситуаций, как их предупредить.

Еще в те первые годы на ЛАЭС закладывались основы того, что сегодня называют культурой безопасности!

1 ноября 1974 г. I энергоблок ЛАЭС вышел на проектную мощность — 1 млн. кВт. С момента пуска Обнинской АЭС к тому времени прошло всего 20 лет. ЛАЭС справедливо называют флагманом российской ядерной энерге-

тики. Она, занимает достойное место среди отечественных и зарубежных АЭС.

Анализируя технико-экономические показатели работы ЛАЭС, следует различать три этапа.

С 1973 по 1981 г. — этап ввода в эксплуатацию и освоения проектной мощности ее четырех энергоблоков-«миллионников». Этот период характеризуется несколько пониженным коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ) и относительно большим количеством внеплановых остановок энергоблоков, что вполне объяснимо и естественно — ЛАЭС была головной станцией с реакторными установками РБМК-1000, своеобразной моделью, на которой отрабатывалась технология энергетического процесса на АЭС такого типа.

С 1982 по 1988 г. — этап установившегося режима эксплуатации энергоблоков, внедрения более совершенных процедур, устранения проектных упущений и замечаний в работе оборудования. Этот период характеризуется высокими технико-экономическими показателями и небольшим количеством внеплановых остановок энергоблоков (годовая выработка электроэнергии составляла более 28 млрд. кВт·ч, КИУМ был выше 80, а на отдельных энергоблоках превзошел 90 процентов).

В 1989 г. начался и до настоящего времени продолжается период крупномасштабных работ по реконструкции энергоблоков первого поколения (I и II). Реконструкция требует длительного простоя оборудования, только поэтому произошло снижение общей выработки электроэнергии станции и коэффициента использования ее установленной мощности; но показатели действующих энергоблоков остаются на высоком уровне: IV энергоблок проработал без единой остановки 13 месяцев, его собрат III энергоблок ни разу не останавливался в течение полутора лет.

Энергоблоки с реакторами РБМК обладают высокой эксплуатационной надежностью, эффективностью.



А.П. Еперин,
директор ЛАЭС,
профессор



Заседание совета директоров атомных станций России идет на ЛАЭС...

Работники ЛАЭС были первопроходцами большой ядерной энергетики в СССР. Убедившись в достоинствах реакторов канального направления большой единичной мощности, вслед за ЛАЭС начали строить такие же энергоблоки на Курской, Смоленской, Чернобыльской, Игналинской АЭС. Коллектив ЛАЭС щедро поделился своим опытом и своими высококвалифицированными кадрами с новыми АЭС, своими близкими родственниками. На каждой из них ключевые должности занимают бывшие работники ЛАЭС. Их имена и фамилии заняли бы не одну страницу книги.

Коллектив ЛАЭС первым активно взялся за реконструкцию и модернизацию действующих энергоблоков, чтобы повысить их эффективность и безопасность. В 70-е годы, когда проектировали станцию, руководствовались иными требованиями к безопасности, чем сегодня. Вот почему для того, чтобы ЛАЭС эксплуатировалась на уровне новых, повышенных требований по надежности и безопасности, осуществлялась и продолжает осуществляться обширная программа совершенствования ее оборудования и технологических систем.

Среди уже реализованных мероприятий этого направления, пожалуй, наиболее значительными можно считать следующие.

1. Реконструкция реакторных установок на первой очереди станции (переобвязка пароводяных коммуникаций, перетрассировка главных паропроводов, шайбование паровых патрубков и реконструкция внутрибарабанных устройств барабанов-сепараторов). Это удалось

осуществить к 1982 г. и позволило ликвидировать существовавший разрыв по блокам первой очереди между установленной и реальной мощностью за счет увеличения запасов воды в барабанах-сепараторах.

2. Обеспечение устойчивости поля энерговыделения реактора с одновременным сохранением экономичности топливного цикла (переход на топливо 2%-ного обогащения по урану-235, разработка и внедрение локальных автоматических регуляторов и системы локальной аварийной защиты, разработка и внедрение технологии повторного использования отработавших кассет первоканальной загрузки).

3. Повышение безопасности эксплуатации энергоблоков (ускоренная разгрузка турбин при срабатывании аварийной защиты (АЗ), дополнительная АЗ реактора по снижению уровня в барабанах-сепараторах и расхода питательной воды в реакторе).

4. Реконструкция предохранительных клапанов высокого давления, барботеров, деаэраторов, разделение основных и вспомогательных технологических систем по блочному принципу, что исключает развитие аварийной ситуации с одного энергоблока на другой.

5. Обеспечение плотности разъемных соединений на оборудовании и арматуре первого контура (внедрение прокладок ЦМП, жидкометаллических прокладок).

6. Внедрение антикоррозионной защиты оборудования и трубопроводов, работающих на морской воде (покрытие трубных досок и водяных камер конденсаторов турбин, циркуляционных водоводов, теплообменников, реконструкция затворов, замена обычных насосов изготовленными в морском исполнении и т. д.).

7. Обеспечение четырехгодичного цикла проведения плановых капитальных ремонтов основного оборудования энергоблоков и многое другое.

Часто возникает вопрос, что сделано после аварии на Чернобыльской АЭС, где эксплуатируют такие же реакторы РБМК. Уроки Чернобыля хорошо изучены на ЛАЭС и из них сделаны правильные, нужные выводы. Сегодня практически исключены условия возникновения ситуации, подобной Чернобыльской.

Улучшены физические характеристики активных зон, в первую очередь по снижению парового коэффициента реактивности, повышена эффективность систем управления и защиты

(СУЗ), усовершенствованы системы диагностики и информации, ужесточены требования эксплуатационного технологического регламента. Именно это и позволило Госатомнадзору страны, ограничившему после Чернобыля использование проектной мощности реакторов РБМК-1000 не выше 70%, разрешить коллективу ЛАЭС после осуществления описанных мероприятий эксплуатировать реконструированные энергоблоки на полную мощность.

Российские и международные эксперты, не раз и не два проверявшие ЛАЭС, имели реальную возможность убедиться, что буквально ни на один день не прекращается работа по реконструкции в соответствии с концепцией, разработанной на основе научно-технического обоснования и оценки достигаемого после реконструкции уровня безопасности. Цель реконструкции заключается в том, чтобы предотвратить разгерметизацию оболочки топливных элементов во всех режимах работы. Это — одно из основных направлений мероприятий по повышению безопасности.

Создание условий и воспитанию у персонала внутренней потребности работать надежно, безаварийно служат мероприятия по повышению культуры безопасности. Разработаны и внедряются комплексы мероприятий по повышению пожарной и радиационной безопасности.

Осуществляется модернизация системы контроля, управления и защиты реактора (СКУЗ). Основные преимущества этой, практически новой СКУЗ в разделении аппаратуры и датчиков защиты и регулирования на три канала. Находятся они в разных помещениях и исключают отказы по общей причине. Аппаратура защиты и регулирования основного диапазона состоит из двух независимых комплектов. Увеличено количество зон внутризонного регулирования с 7 до 12, хотя для стабилизации режима достаточно было бы и четырех зон. Введена защита по перекоосу высотного распределения энерговыделения и увеличено количество датчиков для защиты от локальных превышений энерговыделения. Введены защита по минимальному запасу реактивности и схема автоматической проверки цепей нормирования аварийной защиты. Элементная база заменена на более современную.

Благодаря последовательно реализуемым программам по сокращению радиоактивных выбросов в атмосферу ЛАЭС, расположенная неподалеку от северной столицы России, не



Общий вид БЩУ-II

оказывает заметного влияния на окружающую среду. Суточные выбросы инертных радиоактивных газов не более 80 Ки на все четыре энергоблока. Фоновые значения, момента пуска ЛАЭС остаются практически без изменений и составляют 10—14 мкР/ч. В этом может убедиться каждый, приезжающий в Сосновый Бор, взглянув на два постоянно действующих табло, регистрирующих мощность дозы. Всего лишь единожды (в 1986 г., после Чернобыльской аварии) фон повышался до 19 мкР/ч, но, как известно, и это значение является незначительным.

В 1995 г. в эксплуатацию в Сосновом Бору вошла первая очередь автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) с шестью стационарными и одним передвижным постами контроля мощности экспозиционной дозы и центром обработки информации. В 1998 г. к ним прибавится еще 20 постов измерения МЭД на промышленной площадке, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Для повышения оперативности передачи информации будет модернизировано программное обеспечение АСКРО. Сооружается здание экологического центра, куда впоследствии переместится центр автоматизированной системы контроля за радиационной обстановкой. Большую помощь в создании АСКРО ЛАЭС оказали северные соседи России — Финляндия и Дания, выделив средства на приобретение самого современного оборудования для новых постов АСКРО.

Что же дает уже сегодня АСКРО? Прежде всего, как мы уже сказали, непрерывный контроль мощности экспозиционной дозы. С помощью радиоканалов система автоматически собирает, обрабатывает, хранит в памяти дан-



На БЩУ — руководители Министерства

ные о радиационной обстановке, а в случае отклонений от нормативов выдает сигналы превышения на щит контроля радиационной безопасности. Через компьютерную сеть ЛАЭС информация с центрального поста АСКРО может передаваться всем заинтересованным пользователям станции, а также в мэрию Соляного Бора, в Северо-Западный аварийно-технический центр Минатома России и в АТЦ министерства в Москве, в Финляндию. ЛАЭС обладает и своей автоматической метеостанцией, установленной на кровле здания № 602 и осуществляет контроль за скоростью и направлением ветра, температурой воздуха. С помощью программы «Радиус» и метеоданных при отклонениях режима работы ЛАЭС от нормальных или при аварийной ситуации чуть ли не мгновенно «Радиус» позволит получить прогноз развития радиационной обстановки.

Центральную роль в техническом перевооружении ЛАЭС сыграл ее бывший директор, доктор технических наук, профессор А.П. Еперин.

В 1992 г. на ЛАЭС создали патентно-лицензионный отдел. Это произошло в то время, когда многие предприятия и научно-исследовательские институты, встретившись с финансовыми трудностями, пошли по пути сокращения и даже ликвидации своих патентных подразделений и служб, свертывания изобретательской деятельности. На ЛАЭС поступили иначе, создавая, как важно не остудить пыл энтузиастов в то самое время, когда на станции идет реконструкция, когда технический прогресс смело вторгается в энергетическое производство и когда нужны общие усилия, чтобы добиваться вы-

сокой эффективности и безопасности энергоблоков.

Сегодня фонд промышленной собственности ЛАЭС содержит свыше 100 объектов и оценивается суммой не менее 800 млн. руб. Среди чьи фамилии вписаны в государственные охраняемые документы — многие десятки авторов из самых разных цехов и служб ЛАЭС. Авторами изобретений являются такие известные люди на станции, как ее нынешний директор В.И. Лебедев, на счету которого десятки изобретений, как начальник отдела организации обеспечения топливом и специальными изделиями Михаил Шавлов, начальник цеха испытаний и наладки, один из ветеранов ядерной индустрии Л.А. Белянин, начальник патентно-лицензионного отдела, энтузиаст движения новаторов, заслуженный изобретатель Российской Федерации, кандидат технических наук Л.В. Шмаков, заместитель начальника электроцеха, кандидат технических наук Сергей Мокеев.

75 изобретений на счету А.П. Еперина, чья инженерная деятельность многие года сочеталась с научной и организаторской работой. Здесь, на ЛАЭС, бывший главный инженер, а затем директор станции защитил кандидатскую и докторскую диссертации, был избран действительным членом нескольких академий. Доктором химических наук стал ученый секретарь научно-технического совета ЛАЭС И.А. Варовин, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук успешно защитил на материале ЛАЭС В.Г. Шевченко, начальник отдела радиационных технологий. А всего в коллективе станции трудится 17 кандидатов наук.

Целенаправленная творческая работа идет по многим темам и направлениям. Они включают в себя совершенствование реакторной установки, оборудования, технологий обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, дезактивацию. Пакет изобретений связан с технологией ремонта и модернизацией АЗ реактора. Их реализация позволяет повысить надежность и увеличить ресурс работы реактора РБМК.

Еще в 1985 г. на ЛАЭС была сформулирована концепция новой технологии, предусматривающей увеличение объемов и повышение уровня экологической безопасности хранилища отработавших ядерных отходов. Концепция нашла поддержку и энергичных союзников во

ВНИПИЭТ, была одобрена руководством министерства. Годы упорного труда принесли желанные результаты — только в этой области сделано уже более 50 изобретений.

Особое значение и большой экономический эффект дает внедрение усовершенствованной технологии хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), одобренной Министерством РФ по атомной энергии и согласованной с Госатомнадзором страны.

С помощью новых конструктивных элементов на той же площади каждого бассейна можно разместить вдвое больше кассет. При этом увеличивается эффективность использования хранилища СЯТ и повышается уровень его безопасности. Экономическая выгода реализации технического решения очевидна: расчеты, сделанные во ВНИПИЭТ показывают, что только на первом этапе уплотненного хранения ОЯТ на ЛАЭС удастся сберечь многие миллионы рублей. А общая экономия от перехода на новый способ хранения ОЯТ сулит уже сотни миллионов рублей. Новой технологией, по-видимому, воспользуются и на других АЭС нашей страны. В 1996 г. завершено создание двух металлобетонных контейнеров для «сухого» хранения ОЯТ реакторов РБМК, а год назад ЛАЭС, выступавшая в роли заказчика, приступила к созданию этих контейнеров вместе с конструкторским бюро специального машиностроения (КБСМ), ВНИПИЭТ, ЦКБМ, ЦНИИ-26, ВНИИЭФ, Санкт-Петербургским «Атомэнергопроект» и своим давним партнером — АО «Ижорские заводы». Заводчане и изготовят металлобетонные контейнеры, предназначенные для хранения 57 отработавших тепловыделяющих сборок, разобранных на полукассеты, в течение 100 лет (!).

Отработавшее ядерное топливо будут загружать в контейнеры непосредственно из хранилища ОТВС после десятилетней выдержки. Пока дальнейшее хранение предусматривается на площадке станции. В то же время разрабатывается специальный кожух и транспортер для перевозки контейнеров в региональное хранилище. В ценах 1995 г. затраты по созданию оборудования и технологии «сухого» хранения отработавшего ядерного топлива оцениваются в 30 млрд. рублей.

Став самостоятельной эксплуатирующей организацией, ЛАЭС не входит в концерн «Росэнергоатом» и ведет реконструкцию, повышает

безопасность, рассчитывая, в основном, на собственные средства, не получая субсидий из Федерального бюджета. Определенную помощь ей оказывают зарубежные партнеры. По программе, финансируемой Европейским банком реконструкции и развития, ЛАЭС работает с немецкой фирмой-консультантом «НУКЕМ». Финские специалисты оказывают помощь в вопросах совершенствования методов неразрушающего контроля металла и трубопроводов первого контура, повышения пожарной и радиационной безопасности. В рамках «Лиссабонской инициативы» начинаются работы по вероятностному и детерминистическому анализу безопасности II энергоблока с учетом внедрения полного комплекса мероприятий по его реконструкции. Совместно с японскими специалистами и НИКИЭТ идут работы по акустической системе раннего обнаружения течей в помещениях первого контура с помощью микрофонных датчиков.

В результате проведения реконструкции, по оценкам Главного конструктора, вероятность тяжелых аварий понизится на два порядка и соответственно повысится уровень безопасности. Вслед за реконструкцией головных энергоблоков первой очереди ЛАЭС аналогичные работы будут проведены на III и IV энергоблоках, но в значительно меньшем масштабе, ведь эти «миллионники» вступили в эксплуатацию позже двух первых, и в их конструкции учтено все новое и лучшее в отечественном реакторостроении.

Этапным событием в биографии ЛАЭС стал ввод в III квартале 1996 г. полномасштабного тренажера реактора РБМК по контракту с американской фирмой «Глобал симулятор инжиниринг системз», созданного по современным международным стандартам. Это первый в России, да и в мире, тренажер нового поколения для реакторов канального типа. В совместном проекте его создания участвуют ученые и специалисты РНЦ «Курчатовский институт» и других российских НИИ и их американские коллеги, имеющие в этой области большой практический опыт. Процесс интеграции был проведен на петербургском заводе «Электропульт», который является вот уже четверть века давним партнером и соратником ЛАЭС.

Полномасштабный тренажер действует в полном в Сосновом Бору специальноем здании учебно-тренировочного комплекса. Вся компьютерная техника для тренажера, в том чи-

сле суперкомпьютеры «Челленджер» и устройство сопряжения с объектом (УСО), поставлены из Соединенных Штатов, а панели и щиты, табло и мнемосхемы изготовил «Электропульта». Научным руководителем проекта РНЦ «Курчатовский институт» является профессор С.Д. Малкин. Большая группа специалистов ЛАЭС прошла обучение в «Глобал симулятор инжиниринг системз» в г. Коламбия неподалеку от Вашингтона. И здесь лаэсовцы не отступили от своей традиции вносить свое, новое в реализуемые программы. На основе концепции универсальной поддержки оперативного персонала, разработанной специалистами станции, и внедряемой системы динамических барьеров, препятствующих развитию аварийных процессов, удалось создать пакет обобщенных дисплейных схем (до 80). Они позволяют постоянно получать информацию о всем значимом для надежности и безопасности энергоблока начальнику смены или его заместителю.

Подготовке и повышению квалификации кадров для ЛАЭС способствует многолетнее сотрудничество с Санкт-Петербургским техническим университетом (бывшим Ленинградским политехническим институтом), особенно с его кафедрой «Атомные и тепловые энергетические установки», руководимой профессором В.А. Ивановым. Филиал этой кафедры создан и успешно действует под руководством профессора А.П. Еперина и главного инженера ЛАЭС Ю.В. Гарусова в Сосновом Бору. Руководители города, атомной станции и технического университета пришли к единодушному мнению о необходимости открытия в юном Атомграде отделений этого вуза, где готовили бы специалистов физиков, теплотехников, инженеров-электриков, специалистов по автоматике и электронике. Это поможет решить проблему подготовки кадров для будущих замещающих мощностей ЛАЭС и других предприятий ядерной индустрии в Северо-Западном регионе. Учебно-научный центр Санкт-Петербургского государственного технического университета в Сосновом Бору был открыт осенью 1996 г. Его возглавил профессор этого университета А.П. Еперин.

ЛАЭС поставляет потребителям не только электрическую энергию, она дает тепло жителям Соснового Бора и его предприятиям и организациям. Бойлерная районного теплоснабжения, использующая тепло энергоблоков ЛАЭС, передает его городу. Ее мощность 600 Гкал/ч. И

холодной водой город снабжает тоже атомная станция. Ее гидротехнический цех обеспечивает нужды города и горожан, а также промышленной зоны.

На ЛАЭС успешно внедряют радиационные технологии, используя уникальные возможности канальных реакторов. Почти всей стране известен поистине волшебный препарат «полифепан».

— Сырье для него,— объясняет начальник отдела радиационных технологий ЛАЭС В.Г. Шевченко,— ЛАЭС получает от Центра сорбционных технологий Ленинградского института усовершенствования врачей. На ЛАЭС эти заготовки модифицируют в поле ионизирующих излучений отработавших в реакторе ТВС. Перед тем, как навсегда отправиться в отставку, кассеты успевают сослужить еще добрую службу людям. Нашему отделу удалось добиться высокого уровня стерилизации «полифепана», отвечающего требованиям фармакопейного контроля и стандарта. Повышена сорбционная способность препарата. Его высокое качество обеспечивает быстрое лечебно-профилактическое действие для многих больных, в том числе для тех, кто нуждается в более эффективных методах выведения радионуклидов из организма.

Вот что свидетельствует директор Радиевого института имени Хлопина профессор А.И. Карелин: «...Налажено бесперебойное снабжение клиник Петербурга фармпрепаратом на основе технеция-99м, получаемого на ЛАЭС. Около 85% всех радиодиагностических операций проводятся с помощью этих радионуклидов. Только в 1995 г. в клиники города было поставлено 1560 ГБк технеция-99м, что помогло при обследовании более 6000 пациентов поставить им диагноз и назначить правильный курс лечения».

И еще одно характерное свидетельство помощи ЛАЭС российской медицине. С 1 октября 1995 г. Минздравмедпром перестал централизованно оплачивать сорбимиссионные препараты, которые поступали в клиники Петербурга и области. И если раньше поставки ЛАЭС обеспечивали приблизительно треть радиологических обследований, то сейчас почти все 100%. Это позволило полностью отказаться от импорта радия, препарата на основе технеция-99м.

А по количеству производимого на ЛАЭС медицинского препарата иод-125 атомная станция в Сосновом Бору вошла в тройку крупнейших производителей в мире и обеспе-

чивает все нужды в нем России и стран СНГ. Станция поставляет также гадолиний-152, фосфор-32 и 33 и ряд других медицинских изотопов. Для расширения этого производства предусмотрено развитие промышленной штатной технологии с более высоким уровнем обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

Но и это еще не все радиационные технологии, применяемые на ЛАЭС. В рамках развития собственной программы и реализации контракта, заключенного в 1995 г. с канадской фирмой «Нордион», в реакторе IV энергоблока установлены шесть поглощающих стержней, заполненных стартовым кобальтом-59. Они одновременно служат целям повышения безопасности при эксплуатации реактора и преобразуют кобальт-59 в кобальт-60, которого в чистом виде в природе не существует, но он требуется для самых различных отраслей хозяйства. В поставках кобальта-60 из Соснового Бора заинтересованы не только в Канаде, он нужен многим странам и фирмам — будущим партнерам ЛАЭС.

Впервые в 1995 г. на ЛАЭС приступили к облучению кремния, который используется в силовой электротехнике. По контрактам с российскими фирмами и германской «ВАКЕР» было облучено 500 кг кремния, слитки самых разных диаметров, качество на уровне мировых стандартов.

То, что делают сегодня на ЛАЭС для повышения эффективности и надежности энергоблоков, это и наработки для замещающих мощностей. Альтернативы ядерной энергетике в Северо-Западном регионе России нет. К этому мнению пришли авторитетные эксперты — ученые и экономисты, энергетики и политики, участвовавшие во многих совещаниях и конференциях, рассматривавших перспективы развития энергетике в этом регионе. Есть также мнение о строительстве парогазовых электростанций, но для этого потребуются подвести к ним газопроводы от подводного Штокмановского месторождения «голубого топлива» в Баренцевом море, а это дело многих лет. Все расчеты показывают, что после завершения реконструкции всех четырех ныне существующих энергоблоков ЛАЭС есть возможность переклЮчить имеющиеся мощности строительной индустрии в Сосновом Бору на сооружение новых энергоблоков, заместив их на той

же промышленной площадке и использовав затем сложившуюся инфраструктуру.

По инициативе администраций Соснового Бора, Петербурга и Ленинградской области при поддержке Минатома и Минэкономики в 1992 г. был проведен Международный конкурс на лучшее предложение по строительству безопасных, экологически чистых энергетических блоков электрических станций. В конкурсе участвовали российские и зарубежные фирмы и научно-исследовательские коллективы. Из представленных на конкурс проектов и предложений, к которым эксперты отнеслись с одобрением, были разработки Научно-исследовательского и конструкторского института энергетической техники по созданию многопетлевого кипящего энергетического реактора повышенной безопасности (МКЭР-800). Суммарная мощность пяти блоков с такими реакторами, которые легко расположить на существующей промплощадке ЛАЭС, — 4000 МВт. Это полностью заменит выбывающие после окончания проектного ресурса (с 2003 по 2011 г.) действующие мощности ЛАЭС. К тому же МКЭР-800 позволяет отпускать ежечасно для города Сосновый Бор, его жилых кварталов и предприятий 1250 Гкал тепла.

По мнению специалистов ЛАЭС, МКЭР-800 — наиболее подходящий вариант в качестве замещающих мощностей. Он явится продолжением начатого в нашей стране полвека назад канального направления в реакторостроении. В этой реакторной установке учитывается опыт эксплуатации канальных реакторов первых поколений и наработки последних лет, и в то же время он вобрал в себя самые передовые научно-технические достижения в мировой ядерной энергетике.

Он обладает рядом преимуществ:

1) свойства внутренней безопасности (самозащищенности), основанные на отрицательных обратных связях реактивности и мощности при изменении технологических параметров; выход реактора из аварийного состояния обеспечивается в основном пассивными средствами, действие которых базируется на естественных физических законах;

2) естественная циркуляция теплоносителя, и как следствие — исключение насосного оборудования и большого количества арматуры первого контура;

3) в реакторной установке реализована возможность аварийного охлаждения топлива в технологических каналах, потерявших охлаждение, за счет отвода от них тепла через графитовую кладку к технологическим каналам петель, сохранивших охлаждение;

4) наличие двух независимых систем аварийной остановки реактора, стержневой и жидкостной, основанных на разных принципах действия.

В создании МКЭР-800 принимают участие высококвалифицированные отечественные специалисты в области канального реакторостроения, что является гарантией высокой надежности новой реакторной установки. Для изготовления оборудования энергоблоков нового поколения для ЛАЭС не придется прибегать к заказам «на стороне» — Петербург располагает отлично оснащенной и вполне современной промышленной базой. Вместе с ЛАЭС 17 ведущих предприятий, НИИ и конструкторских бюро Петербурга и Москвы образовали консорциум «АЭС — Новое поколение». Сейчас предприятия и организации-учредители консорциума активно участвуют в реконструкции энергоблоков ЛАЭС. А после 1998 г. непосредственно займутся осуществлением проекта создания замещающих мощностей главного поставщика электроэнергии на Северо-Западе России.

И еще об одной, «живой» продукции ЛАЭС. О карпах, форели, о бестере и осетровых. У станции свое, созданное в конце 80-х годов рыбное хозяйство. Используя теплые воды сбросного канала, рыбноводы каждый год поставляют к столу работников станции не менее 20 т карпов и форели. Посадочный материал — рыбок-мальшей пока покупают в специализированном хозяйстве Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства в Ропше, а в садках на сбросном канале их подкармливают и выращивают до товарного вида.

Но рыбноводы и руководители станции видят возможности развития хозяйства и превращения его в полномасштабное. Здесь намерены заняться воспроизводством — получать мальков и сеголеток, не прибегая к помощи сторонних организаций. Намерены расширить и породный состав выращиваемых рыб. Будут у



На улицах Соснового Бора — города атомных энергетиков

лазовцев и осетровые, и бестеры — гибриды белуги и стерляди. От белуги гибриды переняли ее массу и размеры, от стерляди — вкус и скороспелость. До 1000 т рыбы сможет ежегодно производить рыбное хозяйство, если ЛАЭС и ее союзники смогут в это сложное, трудное время найти дополнительные средства на развитие материальной базы рыбного хозяйства. Хозяйство сможет поставлять энергетикам не только свежую рыбу, но и соленую и копченую.

У ЛАЭС за годы ее существования сложилась обширная социальная инфраструктура. Большинство работников станции живет в домах и общежитиях, которые построила и продолжает эксплуатировать сама ЛАЭС. Даже в последние годы собственное строительномонтажное управление строит по 100-квартирному дому каждые 12—15 месяцев. У станции свои детские сады-ясли с плавательными бассейнами, свой спортивно-технический клуб — краса и гордость любого города, а не только предприятия! Здесь есть великолепный стадион для проведения соревнований по техническим видам спорта. Лазовские картингисты, мотогонщики, стрелки, моделисты имеют немало высоких титулов и наград, а главное — все больше и больше привлекают под свои знамена, в свои секции способную молодежь.

В 1997 г., несмотря на испытываемые атомной станцией финансовые трудности, связанные с хроническими неплатежами энергосистем за отпущенную им электроэнергию, ЛАЭС завершила сооружение нового спортив-

ного комплекса с первым в городе бассейном для тренировок и проведения соревнований пловцов, со спортзалами, один из которых (на 1200 мест для зрителей) можно будет трансформировать в концертный зал. Учитывая, что за четверть века, когда средства на строительство выделялись централизованно и даже титул самих строительных объектов утверждался «наверху», городу не удалось обзавестись своим клубом или Домом культуры, иметь в центре города самый большой по вместимости в Сосновом Бору концертный зал — будет очень кстати для многотысячного коллектива станции.

А пока появится подходящее помещение, небольшой, но уютный клуб станции все-таки живет и действует! И отметил в 1997 году свое 15-летие. Лаэсовцы могут гордиться успехами и творческими победами своих товарищей, увлекающихся художественной самодеятельностью.

Фольклорный ансамбль «Хмель» уже успел не раз побывать за границей — во Франции, Польше, Германии, Финляндии, где тысячи зрителей восторженно аплодировали искусству энергетиков из Соснового Бора. «Хмель», которым руководит Л.Н. Муратова, возрождает русскую обрядовую культуру, наше исконное песенное наследие. Каждое его выступление перед земляками — настоящий праздник!

Славятся на ленинградской земле и детские хореографические ансамбли клуба ЛАЭС, и коллектив Народного театра «КриМ» (художественный руководитель Ю.В. Илюхина), театр кукольной эстрады (руководитель Н.С. Фомичева).

Самодеятельные коллективы вобрали в себя талантливых, преданных искусству людей, для которых нет большей радости, чем нести его соотечественникам и зарубежным зрителям и слушателям.

На берегу чудесного озера Копанского и в пятистах метрах от Финского залива расположена загородная здравница лаэсовцев. Летом здесь отдыхают и набираются сил перед новым учебным годом дети работников атомной электростанции, в остальное время года оздоровительный комплекс на Копанском работает как санаторий-профилакторий. Уютные, комфортабельные спальные комнаты, холлы и вестибюли...



Детский игровой комплекс «Андерсенград» в Сосновом Бору

Отличная, со вкусом подобранная мебель и радующие глаз интерьеры.... Лечебный корпус, где опытные врачи и их добрые и внимательные помощники — медицинские сестры имеют в своем распоряжении все необходимое для исцеления заболевших и придания новых сил отдыхающим... Кабинеты физио- и гидротерапии, тренажеры, сауны, массажные... Все здесь подчинено одной цели — сделать отдых людей полезным и приятным.

Не ведая усталости, займутся о создании благоприятной атмосферы для взрослых и детей, приезжающих на Копанское, руководитель комплекса здравницы на берегу озера — Дмитрий Самура и коллектив, который он возглавляет. У энтузиастов — большие планы. Они намерены с одобрения и при поддержке администрации станции внедрить в лечебную практику более совершенные методы врачевания

и диагностики, повысить уровень комфорта в корпусах лаэсовского санатория-профилактория.

Ленинградская атомная электростанция дала жизнь городу Сосновый Бор. Свой статус города он обрел в том же году, когда началась цепная реакция в первом реакторе станции.

Сегодня в молодом Атомграде действуют де-

сятки предприятий и организаций, но практически чуть ли не каждое из них связано тесными узами с ЛАЭС. И свое будущее город с населением, превышающим шестьдесят тысяч человек, связывает тоже с Ленинградской атомной станцией, которая была, есть и останется на долгие годы Флагманом ядерной энергетики России.

Курская АЭС. Дела и люди

В. И. Гусаров

19 декабря 1976 г. был введен в эксплуатацию I энергоблок Курской АЭС с реактором типа РБМК-1000.

В историческом справочнике Курской области рассказывается об оснащении городского хозяйства Курска конца прошлого века: «В городе введены полтора километра водопровода бельгийским акционерным обществом. В Брюсселе создано правление нового общества «Курский трамвай». Оно приступает к строительству городской электростанции. В будущем энергия электростанции осветит часть квартир в центре Курска и сто семьдесят уличных фонарей».

Какие громадные перемены произошли за истекшее столетие! Уже в апреле 1922 г., предвидя огромное будущее Курской магнитной аномалии, В. И. Ленин писал в Госплан Г.М. Кржижановскому: «... не надо ли весной уже — 1) провести там необходимые узкоколейки? 2) подготовить ближайшее торфяное болото (или болота) к разработке для постановки там электрической станции?»

Отечественная наука дала богатому природными ресурсами региону мирный атом. Сегодня на Курской АЭС действует четыре реактора РБМК-1000 общей мощностью 4 млн. кВт. Во многом благодаря АЭС, в регионе Курской области получили свое развитие такие крупнейшие предприятия, как Михайловский, Лебединский, Стойленский горнообогатительные комбинаты, Старооскольский электрометаллургический и Липецкий металлургический комбинаты.

Строительство Курской АЭС характеризовалось широким комплексом основных и вспомогательных сооружений: предстояло возвести реакторное отделение, машинный зал, деаэрационную этажерку, блок спецводоочистки и многое другое. Одновременно строилось водохранилище, которое потом назовут «Курчатовским морем», подводящий и отводящий каналы, ряд других гидротехнических сооружений,

рассчитанных и на ввод последующих энергоблоков.

Чтобы развернуть строительство, нужны были рабочие руки. Те немногочисленные группы специалистов, которые прибывали с других строек, обеспечивали лишь треть всего фронта работ. И вот строительная площадка у реки Сейм объявляется Всесоюзной ударной комсомольской стройкой. Со всей страны сюда потянулась молодежь, несколько позже прибыли специально сформированные отряды молодых строителей «Курчатовец». Стройка приобрела молодежный облик.

Но возникла новая трудность — основная масса юношей и девушек не имела специальностей. В строящемся поселке открыли учебный комбинат. Однако даже до предела сжатая программа подготовки кадров не могла обеспечить потребности стройки. Большую часть забот в этом важном деле взяли на себя опытные бригадиры, люди крепкой рабочей закалки Николай Зозуля, Николай Резанович, Иван Зверев, Даир Ильясбеков, Тенгиз Бериашвили, Иван Бабарика. Они не только умело руководили бригадами, но были и настоящими мастерами производственного обучения молодого пополнения.

Настоящим большим праздником стала укладка первого бетона в фундамент главного корпуса. Тот июльский день 1971 г. запомнился до мельчайших подробностей: просторная площадка котлована отутюжена бульдозерами, в левом углу котлована, что ближе к Сейму, многолюдно. Здесь хлопочет Владимир Яворский со своими товарищами по бригаде. Это им, одержавшим победу в соревновании, выпала честь принять и уложить первый кубометр бетона на главном объекте, замуровать памятную пластину в основание АЭС.

Инженеры стройуправления Борис Савин и станции Владимир Худогов на днище котлована расстелили огромные чертежи, тщательно сверяют все отметки. Бетонщики без суеты

выполняют их команды. Сам бригадир Владимир Яворский на стройке с первого колышка, начинал каменщиком, теперь ему доверили руководить первой комплексной бригадой на строительстве АЭС.

На гребне котлована показался мощный самосвал с транспарантом. За рулем один из лучших водителей Николай Еремеев. Он осторожно подает машину к краю площадки, на которой установлена арматурная сетка. «Принять бетон!» — командует молодой прораб Владимир Исаенко. Наклоняется кузов самосвала. Под рукоплетания присутствующих бетонная масса лавиной устремляется вниз.

Строительно-монтажные работы на I энергоблоке выполнялись сразу на всех объектах. Высок был энтузиазм созидания. За плечами многих остались построенные в разных концах страны заводы, города, гидроэлектростанции. А эта стройка была в новинку.

Новый тридцатипятилетний начальник управления строительства Е.А. Саакян с первых дней проявил и волю, и настойчивость, и умение понимать людей. Он, прежде всего, решил устранить причины, сдерживающие производительность труда. А с ними можно было столкнуться часто.

Теперь весь стиль работы управленческого аппарата начал круто меняться, заметно повысилась его оперативность. Было введено посуточное планирование.

На стройку прибыл бригадир арматурщиков А.В. Фомин, соорудивший Горьковскую, Воткинскую, Нурекскую ГЭС, за что был награжден орденом Ленина. На строительстве Курской АЭС он внедрил механизированное поточное изготовление арматуры, с меньшим количеством людей стал полностью обеспечивать стройку столь дефицитной ранее продукцией. Много хлопот доставляла бригадиру узкая специализация рабочих. Теперь каждый арматурщик должен был стать и сварщиком. Добился Фомин и безотходного изготовления арматурной продукции. За сооружение Курской АЭС он был награжден орденами «Знак Почета» и Трудовой славы III степени.

Как и А.В. Фомин, Тенгиз Бериашвили тоже не подоспел к первому колышку Курской АЭС. На Конаковской ГРЭС впервые в стране Тенгизу довелось устанавливать оборудование крупнейших энергоблоков. Мастерство Бериашвили было оценено по достоинству, о чем свидетель-

ствуют награды ВДНХ, премия Совета Министров СССР, орден Трудового Красного Знамени. Здесь, на Курской АЭС, бригаде Бериашвили выпала честь устанавливать первый реактор. Но прежде надо было построить цех для укрупнительной сборки и воздвигнуть эстакаду для двух мощных мостовых кранов.

Укрупнение конструкций реактора и установку этого мощнейшего аппарата в специальной шахте производили несколько бригад треста «Центроэнергомонтаж». Т. Бериашвили и его товарищи готовили к монтажу шестисоттонную верхнюю плиту биологической защиты. Многие работы приходилось выполнять впервые, и все же бригада сумела выдержать высокое качество.

С той поры пройдет еще не один месяц, пока оживет реактор. Но монтажники Курского участка треста «Центроэнергомонтаж», применяя всевозможные технические новинки, совершенствуя оснастку, различные приспособления, значительно опередят сроки, достигнутые коллегами на Ленинградской АЭС. Добьются они этого за счет не только высокой квалификации, но и тесных творческих связей с учеными Института сварки имени Е.О. Патона. По их разработкам работники станции широко применяли сварку технологических схем полуавтоматами и автоматами в среде аргона. Большая заслуга в этом и бригады Бериашвили.

Счастливым миг выдачи промышленного тока I энергоблоком Курской АЭС настал 19 декабря 1976 г. в 21 час 34 минуты.

С одобрения главка Министерства энергетики и электрификации страны решено было на энергоблоке Курской АЭС применить железобетонные панели перекрытия, а изготавливать их на базе местного завода железобетонных изделий. Рядом с предприятием создали полигон для экспериментальных работ. Заводчанам оказывали помощь ученые и конструкторы.

На площадке предмонтажных работ прибавилось дел. Появилась возможность сварщикам укрупнять панели в блоки настолько, насколько позволяла грузоподъемность крана. Получился своеобразный конвейер: завод—площадка—монтаж. Производительность поднялась в три раза. Но строители не успевали укладывать на объекте бетон в межпанельное пространство. Как ускорить работу бетонщиков, решили в Министерстве энергетики и электрификации: направили курским атомостроителям мощные

бетононасосы. За сутки такой механизм укладывал по 4200 кубометров монолитного бетона, что не соизмеримо со скоростью ручной укладки. Только тяжелый и жаростойкий бетон строители пускали в дело при помощи башенного крана. Кстати, применение мощных насосов дало возможность монтажным и другим бригадам шире пользоваться крановыми механизмами, что также немаловажно для ускорения рабочего ритма.

Реакторное отделение II энергоблока было сооружено за девять месяцев — в два с половиной раза быстрее, чем на I энергоблоке. Курские атомостроители по темпам работ вышли на первое место в стране среди других строек АЭС.

В фундамент III энергоблока первый кубометр бетона закладывали в торжественной обстановке: состоялся короткий митинг. Фундаментная плита — это монтаж пяти тысяч тонн арматуры и укладка более двадцати тысяч кубометров монолитного бетона. Готовить ее поручили бригаде Василия Рязанцева. Этот коллектив часто лидировал в соревновании на строительстве Курской АЭС.

Общий успех во многом зависел от хорошей работы сварщиков. К этому времени на объекте стали поступать объемистые арматурные стержни. Стыковка их потребовала особого вида сварки. Новатором здесь выступил Петр Горенко. Он не только успешно состыковал сваркой крупные арматурные стержни, но и научил других, как это делать. Более того, Горенко предложил работать по-новому. Завершив очередную сварочную операцию, он не стал ждать, когда его товарищи установят армокаркас. Он тут же добровольно поспешил на помощь укладывающим бетон. Пример оказался заразительным. С этого времени бригада заработала комплексно.

Фундаментную плиту блока изготовили почти в два раза быстрее, чем намечалось. И вот на готовый фундамент III энергоблока бригада вступила с новым инженерным решением. На этот раз монтаж стеновых панелей решили вести крупноблочным способом. Этот вариант давал возможность широко проявлять инициативу. Так, на строительстве Курской АЭС было положено начало содружеству смежников — коллективному поиску новых, более прогрессивных методов ведения строительно-монтажных работ. Яркой иллюстрацией этого может

служить и установка на проектных отметках реакторного отделения III энергоблока секции управления биологической защитой при помощи мощнейшего порталного крана. Готовили секцию сообща на специальной площадке. В работу были включены подразделения «Мосспецатомэнергомонтаж», «Центроэнергомонтаж», «Союзэнергозащита», «Аппаратстрой» и другие. Монтировали и сборный железобетон, и несколько тысяч закладных деталей, укладывали монолитный бетон, производили операции по химической защите. Большую экономию времени получили сразу несколько организаций и досрочно вышли на завершающие отметки третьего реакторного отделения.

С каждым энергоблоком тепломонтажники совершенствовали свою работу, так же, как и строители, искали кратчайшие пути решения больших производственных задач. Главный инженер Курского управления треста «Центроэнергомонтаж» А.Ф. Котиков сказал, что сокращение сроков монтажа — важный экономический показатель... Максимально укрупнив конструкции реактора III энергоблока, отправили на монтаж их при помощи уникального транспортера, который на стройке окрестили «Курским луноходом». Впервые в практике строительства АЭС монтаж нижних водяных коммуникаций производился укрупненными плетями трубопроводов. Усовершенствована и технология монтажа сепараторов. Здесь были применены крупноблочные опорные конструкции и послойный монтаж оборудования в помещения. Для убедительности можно привести такой пример: на II энергоблоке установкой реактора занимались 150 монтажников, а на III — 100.

9 августа 1983 г. в 12 ч. 30 мин. был осуществлен физический пуск реактора III энергоблока Курской АЭС. Государственная комиссия под председательством главного инженера Всесоюзного объединения «Союзатомэнерго» Ю.А. Каменева дала высокую оценку готовности реактора.

Вот что тогда сказал в своем выступлении на митинге у главного корпуса директор Курской АЭС, лауреат премии Совета Министров СССР В.К. Горелихин: «III энергоблок отличается от первых двух многими техническими усовершенствованиями, более высокой надежностью и безопасностью. Прежде всего хочу отметить коллективы строительных и монтажных подразде-

лений, работающих на объектах пускового комплекса. Их совместный труд принес замечательные плоды. В тесном содружестве с ними трудились и эксплуатационники. Особенно большой объем работ выпал на долю коллектива реакторного цеха № 2 (начальник Л.И. Мартыновченко). Участки, возглавляемые Е.И. Николаевым, А.А. Фроловым, С.И. Емцевым совместно с монтажниками Курского ЦЭМ успешно справились с подготовкой к физпуску контура многократной принудительной циркуляции. На создании эксплуатационной зоны оперативно поработал участок старшего мастера Ю.Б. Анисимова.

Бок о бок трудились и другие коллективы, обеспечивая качественную готовность систем, узлов и механизмов к пуску реактора. Так, цех тепловой автоматики и измерений, руководимый О.Ф. Сафроновым и управление треста «Электроцентромонтаж» своевременно смонтировали и опробовали систему управления и защиты реактора. Самоотверженно потрудились с электромонтажниками и коллектив электрического цеха (начальник В.Н. Плющай). Совместно они подготовили схемы электропитания всех систем, необходимых к физпуску.

Следует также поставить в пример коллектив цеха централизованного ремонта (начальник Н.А. Букреев). Вместе с участием «Энергомонтажвентиляция» цех ввел в эксплуатацию 130 вентсистем, обеспечивающих работу технологического оборудования и санитарных требований зоны строгого режима. Заслуживает похвалы и оперативный персонал во главе со старшим начальником смены А.П. Николаенко, хорошо поработавший на опробовании и испытании технологических систем. С каждым блоком все больше крепнет содружество строителей, монтажников, наладчиков и эксплуатационников.

Символично и то, что физпуск реактора III энергоблока произведен в дни, когда страна отмечает 40-летие победы советских воинов на Курской дуге и в канун Дня строителя.

На очереди — пуск энергетический. Это требует от нас новых усилий, ритмичной и эффективной работы».

Через четыре месяца III энергоблок выдал в Единую энергосистему страны первый промышленный ток.

Новое прогрессивное решение — вести монтаж шахты реактора заранее подготовленными

монтажными блоками — получило высокую оценку в Министерстве энергетики и электрификации страны. Блоки готовили на площадке местного комбината спецстройконструкций сразу несколько организаций.

Началась горячая пора сооружения реакторного отделения IV энергоблока. Бригада Михаила Бражникова из Курского управления треста «Центроэнергомонтаж» предложила к сорокалетию Победы над фашизмом выполнить задания полугодия.

Победителем на монтаже шахты реактора долгое время оставалась бригада Виктора Воинова, достигшая выработки в полторы — две нормы за смену. Но вот флаг трудовой славы подняли в честь нового победителя — бригады Анатолия Свеженцева. На монтаже комбинированных блоков этот коллектив выполнил за смену два задания.

Январским утром мастер Курского управления треста «Центроэнергомонтаж», лауреат премии Ленинского комсомола Владимир Чалый принимал у реакторного отделения IV энергоблока, в зоне действия порталного крана, первые две сблокированные конструкции. Их доставил все тот же трудяга «луноход». Затем под руководством прораба В.И. Якимова отправили их в шахту на проектные отметки. А в феврале была закончена и выверка всех конструкций реактора. Сроки на монтаже сократили в полтора раза. Успехов добивались на выполнении и других объемов работ.

Бригады Николая Годера и Василия Рязанцева, выполняя работы в секциях обеих турбин IV энергоблока, перекрыли все свои обещания, записанные в обязательствах на пятилетку.

Кстати, программа подготовки турбинного хозяйства была настолько сложна и трудна, что едва бы нашелся специалист, который уверенно заявил в то время, что ее можно осилить к пуску. Тогда и решили провести эксперимент в Курском управлении треста «Центроэнергомонтаж» — объединить двенадцать бригад в одну комплексную и отдать этому «сборному» коллективу все объемы монтажа металлоконструкций и трубопроводов обеих турбин. Создали совет комплексной бригады. Его возглавил человек опытный, грамотный, энергичный — В.Н. Варнаков. Были немалые трудности. Но люди работали с полным сознанием того, что делу надо отдать силы, мастерство, время. Всех объединяла безукоризненная дисциплина.

Самое высокое достижение одной смены стало нормой для другой.

Добрый оказался и результат единого наряда. Комплексная бригада досрочно завершила задание одиннадцатой пятилетки. Монтажное подразделение впервые на строительстве Курской АЭС для выполнения пусковой программы отказалось от услуг прикомандированных специалистов.

Примечательно, что опыт перевода большого количества бригад на единый наряд с оплатой по конечному результату заинтересовал многих. Знакомиться с такой организацией труда приезжали со строительства Балаковской и Чернобыльской АЭС.

Для того, чтобы в пусковом году обеспечить машинный зал сваркой, в управлении «Центроэнергомонтаж» решили организовать бригаду сварщиков. Возглавить ее предложили Михаилу Кузнецову, который заваривал реакторы на I, II и III энергоблоках.

В актовом зале дирекции Курской атомной электростанции начальники цехов и служб докладывали государственной приемочной комиссии о состоянии технологических систем IV энергоблока. Пусковой комплекс энергетики приняли с оценкой «отлично». Заместитель начальника Всесоюзного промышленного объединения «Союзатомэнерго», председатель государственной приемочной комиссии Э.Н. Поздышев поздравил присутствующих. Все радовались, пожимали друг другу руки.

Понятен был этот порыв лучших человеческих чувств. Дни и ночи руководители и все работники строительных и монтажных подразделений делали все возможное, чтобы успешно выполнить пусковую программу. По-настоящему сумели в этот ответственный период организовать высокопроизводительную работу в своих коллективах А.Л. Готшалк, Н.Ф. Николаев, И.М. Коник, А.В. Кузнецов, Н.В. Куликов, другие руководители.

Особое слово — о начальнике управления строительства Л.Н. Абрамове. Многотысячный коллектив он возглавил, когда началось сооружение второй очереди, т. е. III и IV энергоблоков, и внес много нового в привычный ход возведения АЭС. Речь идет, прежде всего, о сдаче в эксплуатацию технологических помещений. На каждом энергоблоке их около тысячи. До той поры подготовка к сдаче делилась на два этапа: предварительный — сдача под

монтаж оборудования, конечный — заказчику. Но получалось так, что на первом этапе все делалось быстро, а на втором не хватало времени. Ввод энергоблока затягивался.

Абрамов решил сдавать помещения монтажникам так, как если бы они предъявлялись в эксплуатацию. Это потребовало большой перестройки. Но выигрыш был внушительным: в предпусковой период строители добились рекордной сдачи помещений в эксплуатацию — до пятидесяти пяти за сутки.

О пуске IV энергоблока интервью журналистам давал заместитель главного инженера по эксплуатации Курской АЭС А.А. Линник:

«После того, как было принято решение государственной приемочной комиссии о проведении первого этапа энергопуска IV блока, на всех рабочих местах началась еще более напряженная, ответственная работа. В 23 часа 8 минут 23 ноября 1985 года председатель комиссии по энергопуску, главный инженер Курской АЭС В.М. Ряхин дает команду: «Начинайте». И с блочного щита управления последовал сигнал реакторщикам, которые тут же начали подъем тепловой мощности реактора со 150 до 700 МВт с одновременной продувкой паропроводов. К 6.00 часам 24 ноября был произведен набор вакуума.

В период этой операции дежурил оперативный состав, возглавляемый начальниками смен П.Т. Николаевым, Ю.А. Каратаевым, В.Г. Иванкиным. Тут же находились начальник реакторного цеха № 2 А.П. Николаенко, руководитель смены турбинного цеха П.А. Яцек, старшие инженеры управления турбинами и реактором В.В. Нудьга, С.В. Новиков, начальник смены блока А.А. Клистов и другие. Вслед за продувкой паропроводов произведена проверка тепловой и электрической защиты турбины № 7 — главных предохранительных клапанов контура многократной принудительной циркуляции, что предшествовало началу второго этапа энергопуска — «толчку» ТГ-7 на холостом режиме до 3000 об./мин, его комплексным испытаниям. В успешном проведении этой операции немалая заслуга персонала пуско-наладочной организации Курской АЭС, которой руководит Ю.Б. Горбашов.

После второго этапа энергопуска начался третий — выдача электрического тока в сеть. Заработал вначале седьмой турбогенератор, выдавая первые сотни киловатт-часов электро-

энергии. Несколько позже был включен и восьмой турбогенератор. Их общая мощность составила миллион киловатт».

Итак, с декабря 1985 г. живут, действуют все четыре энергоблока Курской АЭС.

Примечателен такой штрих. Энергетики, как тогда было принято, взяли обязательство к началу марта 1986 г. вывести IV энергоблок на проектную мощность. А уже седьмого февраля 1986 г. в газете «Курская правда» появилась информация: «На Курской АЭС 5 февраля в 17 часов 30 минут выведен на проектную мощность IV блок-миллионник, недавно вступивший в строй... Одержана новая трудовая победа». Как только были подобраны специалисты, сразу же наступила горячая приемо-сдаточная пора. Надо было в короткое время изучить проектную документацию, многочисленные чертежи. Придирчиво проверяли качество монтажа оборудования, рассматривали, нельзя ли сделать лучше, так, чтобы обеспечить еще большую надежность, экономичность, эффективность работы оборудования.

Руководство атомной электростанции, инженерно-технические работники, специалисты с самого начала взяли курс на творческие поиски, на внедрение достижений научно-технического прогресса. Примеров тому много.

На I энергоблоке уже заканчивали монтаж пароводяных коммуникаций реактора, когда возникло новое техническое решение по более рациональному их подсоединению. Это обещало значительные экономические выгоды в эксплуатационный период, исключало потери до десятка процентов мощности энергоблока. Но времени уже не было: если начать переделку, можно сорвать сроки пусконаладочных работ. Поступило указание: оставить все без изменения. Можно было успокоиться и продолжать работать по утвержденному графику.

Но главный инженер АЭС Т.П. Николаев и его заместитель Ю.Н. Филимонцев подошли новаторски к этой ситуации.

Лауреат Ленинской и Государственных премий Т.П. Николаев — один из пионеров освоения ядерной энергетики. Много лет отдал он ее становлению и развитию. Его отличали высокий уровень научной подготовки, глубокое знание технологии и оборудования атомных электростанций. Немало воспитал он высококвалифицированных специалистов, щедро делился с ними богатейшим опытом.

Ю.Н. Филимонцев значительно моложе, но и за его плечами был уже весомый опыт. Ему присущи смелость в инженерных решениях, умение распознать и поддержать новое, передовое.

Эксплуатационников Курской АЭС поддержали во Всесоюзном производственном объединении «Союзатомэнерго», представители проектной организации. С полным пониманием отнеслись к этому делу в тресте «Центроэнерго-монтаж». Была организована трехсменная работа бригад. Неотрывно вели контроль за качеством монтажа специалисты реакторного цеха, работники проектного института. Такое четкое взаимодействие способствовало успешному завершению переобвязки пароводяных коммуникаций, что впоследствии позволило уверенно выйти на максимальные нагрузки.

При освоении и достижении проектных мощностей первой очереди было решено большое количество сложных технических и организационных задач, основными из которых были повышение надежности работы оборудования, безопасности его эксплуатации, повышение квалификации персонала станции.

В связи с этим хотелось бы привести еще один факт, связанный с принятием смелого творческого решения. Для получения абсолютно сухого пара, который приводит в движение турбины, требовалась реконструкция барабан-сепараторов. Эту задачу и поставил перед инженерно-техническими работниками В.К. Горелихин, в то время директор Курской АЭС. Реконструкция была проведена по новой технологии. Работники цеха наладки и испытаний оборудования сделали хороший анализ; цех централизованного ремонта организованно, с высоким качеством выполнил сварочные работы; реакторный цех обеспечил надежный контроль. Реконструкция барабан-сепараторов была впервые проведена на Курской АЭС. Это техническое решение использовалось потом на всех проектируемых и сооружаемых АЭС страны с реакторами РБМК-1000.

Творческий подход к делу особенно проявляется при проведении планово-предупредительных ремонтов, когда вскрываются внутренние резервы повышения выработки электроэнергии, роста производительности труда. Ведь каждый день работы одного энергоблока — это двадцать четыре миллиона киловатт-часов электроэнергии.

Работники турбинного цеха, который возгла-

влял В.И. Гусаров (позже — директор АЭС), совместно со специалистами предприятия «Харьковэнергоремонт» разработали и внедрили метод поэтапного ремонта турбин, что также дало значительное сокращение сроков ремонта. И таких примеров немало.

Главнейшим показателем в работе энергетиков-атомщиков является безопасная эксплуатация станции. На Курской АЭС решению этого вопроса уделяется первостепенное внимание на основе современных научных и конструкторских разработок.

После чернобыльских событий в некоторых газетах появлялись публикации, смысл которых сводился к тому, что Т.П. Николаев, предвидя последствия, отказался от эксперимента на Курской АЭС, который был потом произведен в Чернобыле. Авторы статей высказывали упрек: почему, дескать, не били в колокола, не помешали этому эксперименту. Это не совсем правильное суждение. Никто не предвидел таких последствий. И Николаев отказался от эксперимента не потому, что предвидел трагический исход, а потому, что программа проведения такого эксперимента была составлена некачественно. Некоторые пункты вообще были неясными. Естественно, как опытный инженер, Николаев не принял этой программы.

За последнее десятилетие на Курской АЭС осуществлена программа повышения ядерной безопасности и внедрения научных разработок на действующих блоках. Особенно интенсивно эта работа проводится в последние годы по следующим направлениям.

1. Контроль за физическими параметрами реактора с обеспечением его самозащищенности. Это означает, что никакая авария не должна приводить к катастрофическим последствиям даже при отказе автоматики. Сейчас можно с уверенностью сказать, что физические параметры, т. е. свойства реактора, коренным образом изменены. Появилась самозащищенность аппарата. Кроме того, выполнен ряд серьезных изменений в автоматике, повысивших ее надежность, в несколько раз ускорены ее быстроедействие и эффективность.

2. Контроль за металлом рабочего контура и каналов с ядерным топливом. Ведется тщательный контроль за изменением в структуре металла и прогнозирование его поведения в

будущем. Это очень важная задача, поскольку металл должен сохранять свою целостность.

3. Ограничение выбросов. Ни одна АЭС не может полностью исключить выбросы, как бы успешно ни внедрялись научные достижения, однако существуют определенные нормы, которые нельзя превышать. Это жесткие нормы, но за все существование Курской АЭС их ни разу не превысили. Более того, намечена и успешно выполняется программа по дальнейшему уменьшению этих выбросов, что дало возможность в последние годы снизить их почти в пять раз.

4. Совершенствование систем безопасности. Назначение их — вовремя и быстро заглушить реактор и обеспечить его охлаждающей водой в любом экстремальном случае. Такие системы были всегда. Задача состоит в том, чтобы постоянно повышать их надежность. При реконструкции энергоблоков вводятся новые системы и совершенствуются старые. А это дополнительные насосы, дизельные установки, новая электроника и т.п.

Иллюстрацией к этому может стать завершенная в 1997 г. реконструкция I энергоблока Курской АЭС. В суровых условиях всеобщего финансово-экономического кризиса работники Курской АЭС, благодаря необычайным усилиям воли и интеллекта, высокому профессиональному мастерству сумели заменить изношенное оборудование и топливные каналы, смонтировали ряд новых систем, отвечающих всем современным требованиям по безопасности.

5. Совершенствование подготовки персонала. Здесь, прежде всего, следует назвать новые разработки тренажерных систем, установленных в учебно-тренировочном пункте Курской АЭС. Там оперативный персонал совершенствует свою профессиональную подготовку.

Кризис, поразивший экономику России, резко ухудшил положение дел на АЭС. Из-за отсутствия финансирования постоянно откладываются сроки ввода энергоблоков. Так, на Курской АЭС I блок был введен в 1976 г., II в 1979, III в 1983, IV в 1985, а V блок, куда вложены огромные средства, строится уже 13 лет.

Против ядерной энергетики в стране, по сути дела, развернулась подрывная работа средств массовой информации. Бесконечные «опросы» общественного мнения по закрытию атомных электростанций то и дело звучали по

телевидению и радио. Приводились «данные» о якобы 99,9 процента противников АЭС.

Однако коллектив станции уже не раз доказал, что он способен преодолеть любые трудности. На Курской АЭС действует надежный инженерный корпус, опытные мастера производства. В нем сила станции, ее опора. Вот имена некоторые из них: В.М. Ряхин, Т.П. Николаев, В.И. Зубов, В.П. Гальберг, Н.В. Балицкий, В.А. Григорьев, В.Б. Домогатский, В.А. Облогин, Б.Б. Войталь, С.А. Кушковой, И.К. Буденный, рационализаторы С.А. Полянских, В.В. Волков, А.М. Грязнов.

Надолго оставил о себе хорошую память А.И. Бондарев — бывший начальник химцеха. Введенный им водно-химический режим действует и поныне.

В.М. Ряхин — четвертый по счету главный инженер на Курской АЭС. Это сильный технолог, хороший организатор сложных процессов производства электроэнергии, ремонта и реконструкции блоков.

Крупным специалистом по эксплуатации является Ю.И. Слепоконь, ставший в 1997 г. директором Курской АЭС.

В свое время Ю.К. Воскресенский, руководивший станцией в 1968—1976 гг., с небольшим коллективом совершенствовал работу дирекции, что потом традиционно сказывалось на высоких достижениях Курской АЭС.

В годы строительства, ввода и эксплуатации энергоблоков незаурядный ум, способности руководителя, мудрость, твердость проявлял В.К. Горелихин, который был директором Курской АЭС в 1976—1984 гг.

Рассказ о Курской АЭС будет не полным, если не упомянуть о городе, рожденном большой энергетикой и носящем имя великого ученого И.В. Курчатова.

Первый пятиэтажный кирпичный дом был построен в 1969 г. Пока каменщики возводили второе и третье жилые здания, была создана база для поточного индустриального домостроения: сооружен завод по выпуску крупных панелей, организована механизированная колонна. Первый панельный дом смонтировала бригада Н.А. Николаева, на это ушло восемь месяцев. Второй дом был собран уже за два месяца, а на третий ушло чуть больше четырех недель. Затем осваивали монтаж домов новых, более современных проектов. Один за другим застраивал Николаев со своей бригадой мик-

рорайоны Курчатова. К его боевым наградам прибавились ордена Знак Почета и Трудовой Славы III степени.

К началу девяностых годов в Курчатове проживали люди пятидесяти национальностей. Одной большой, дружной семьей строили, отдыхали, делали свой город удобным и красивым. Микрорайоны города составляют многоэтажные дома, которые отличаются удобной планировкой квартир, привлекательной отделкой интерьеров и лоджий, цветовым решением фасадов, от чего во многом выигрывает общий вид проспектов и улиц. Одним из главных элементов благоустройства являются так называемые малые архитектурные формы. Строители поставили, чтобы детские игровые и дворовые площадки не походили друг на друга по виду и оформлению. Много внимания уделено зеленому наряду города. На улицах и проспектах высажено десятки тысяч деревьев и сотни тысяч кустарников. Многочисленные цветники красных белых и желтых роз летней порой радуют жителей и гостей города.

К началу 90-х годов в Курчатове были построены одиннадцать детских комбинатов, в которых разместились одновременно ясли и сад, пять средних общеобразовательных школ на семь тысяч учащихся, клуб «Комсомолец», два кинотеатра — «Прометей» и «Пионер», целый комплекс лечебных корпусов медико-санитарной части, четырнадцать предприятий торговли и общественного питания, среди которых фирменные гастрономы, универмаги, столовые, кафе и рестораны.

Руководство АЭС, городские власти Курчатова делают все для того, чтобы в сложных современных условиях станция жила своей полноценной жизнью. Здесь заботятся не только о безопасной эксплуатации реакторов и чистоте окружающей среды, но и о благосостоянии людей, повышают заработную плату, занимаются жилищным строительством, думают о здоровье работающего персонала, пенсионеров, детей.

Как и прежде, действуют санаторий-профилакторий «Орбита» на 250 мест, оздоровительный комплекс на черноморском побережье Кавказа близ Туапсе, спортивный комплекс со стадионом на 5000 мест, плавательным бассейном и тремя спортзалами.

Агропромышленный комплекс Курской АЭС — один из лучших в области. Он имеет 9 тысяч гектаров земли, из которых 4 тысячи

пашни; в животноводстве 2800 свиней, 1200 голов крупного рогатого скота; рыбное хозяйство дает до 400 тонн живой рыбы в год. Имеются мясоперерабатывающие предприятия, копильни, сеть фирменных магазинов, в которых торгуют только экологически чистой продукцией.

Тепличное хозяйство площадью 12 гектаров,

обогреваемое сбросным теплом АЭС, снабжает горожан ранними овощами и зеленью, а в праздники букетами ярких цветов.

Весной в рощах вокруг станции и в дубравах ее сельхозугодий во всю заливаются знаменитые курские соловьи. Это верный признак мирного соседства Курской атомной электростанции и окружающей ее русской природы.

VI. ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ

Сибирский химический комбинат

В.М. Кондаков

Сибирский химический комбинат (СХК) создан в соответствии с Постановлением Совмина СССР от 26.03.49 и предназначался для выполнения следующих основных задач:

- наработки плутония в ядерных реакторах;
- получения диоксида плутония;
- получения металлического плутония и металлического обогащенного урана;
- получения гексафторида урана;
- получения обогащенного урана;
- регенерации урана из отработки стандартных урановых блоков промышленных ядерных реакторов (ОСУБ);

изготовления специзделий из плутония-239 и обогащенного урана;

выработки электрической и тепловой энергии.

Для решения этих задач на СХК были сооружены следующие заводы:

завод разделения изотопов урана (ЗРИ) (пущен в эксплуатацию 26.07.53 по газодиффузионной технологии);

промышленный уран-графитовый проточный ядерный реактор для выработки плутония (сдан в эксплуатацию 20.11.55);

сублиматный завод (СЗ) для получения гексафторида и оксидов фтора (сдан в эксплуатацию 25.04.54);

промышленный уран-графитовый двухцелевой ядерный реактор ЭИ-2 для выработки плутония, электрической и тепловой энергии (реактор сдан в эксплуатацию 27.02.58, электростанция — 24.09.58);

промышленный уран-графитовый двухцелевой ядерный реактор АДЭ-3 для выработки плутония, электрической и тепловой энергии (сдан в эксплуатацию 14.07.61). Реакторы И-1, ЭИ-2, АДЭ-3 эксплуатировались в составе первого реакторного комплекса (Завод №5) и были выведены из эксплуатации соответственно: И-1 — 20.08.90; ЭИ-2 — 28.12.90; АДЭ-3 — 14.08.92;

химико-металлургический завод (ХМЗ) для

получения слитков плутония и обогащенного урана, изготовления специзделий из плутония и высокообогащенного урана (сдан в эксплуатацию 17.07.61);

радиохимический завод (РХЗ) для переработки облученных стандартных урановых блоков с целью получения чистых соединений плутония и урана (сдан в эксплуатацию 19.08.61);

промышленные уран-графитовые двухцелевые ядерные реакторы АДЭ-4 и АДЭ-5 для выработки плутония, электрической и тепловой энергии (сданы в эксплуатацию соответственно 26.02.64 и 25.06.65); АДЭ-4 и АДЭ-5 эксплуатируются в составе второго реакторного комплекса (реакторный завод РЗ). Сооружения для телоснабжения г. Томска эксплуатируются с 1973 г. Горячая вода для теплоснабжения г. Северска подается с 1995 г. Эксплуатация реакторов АДЭ-4 и АДЭ-5 предполагается до 2000 г.

Основной энергоисточник СХК — теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) — сдана в эксплуатацию 17.11.53, топливо — угли Кузбасса.

Промышленное водоснабжение заводов СХК осуществляет завод гидроэнергоснабжения (ЗГЭС), первая водозаборная станция на р. Томи начала действовать 26.07.53.

На СХК имеется также ряд крупных других подразделений:

научно-исследовательский, конструкторский и проектный институт (НИКИ);

информационно-вычислительный центр (ИВЦ);

ремонтно-механический завод (РМЗ) ремонтная база приборного оборудования;

автотранспортный и железнодорожный цехи и др.

На СХК действует система обращения с жидкими, твердыми и газообразными радиоактивными отходами, обеспечивающая вполне удовлетворительное состояние окружающей среды на территории г. Северска и в прилега-

ющем районе. Основным методом удаления жидких радиоактивных отходов является глубинное захоронение (полигон для удаления среднеактивных отходов (САО) введен в 1963 г., для низкоактивных отходов (НАО) — в 1967 г.).

В течение всего времени эксплуатации производств СХК усилиями больших коллективов производственников, а также НИИ и КБ водилось усовершенствование технологий и оборудования, позволившее улучшить качество продукции, повысить коэффициенты извлечения плутония и урана, снизить экономические затраты, улучшить условия труда и снизить отбросы и выбросы в окружающую среду.

На заводе разделения изотопов в 70—80-е годы проведена реконструкция и замена диффузионных машин на газовые центрифуги, позволившие снизить расходы электроэнергии в несколько раз.

Действующая на сублиматном заводе технология получения гексафторида урана коренным образом отличается от первоначальной. В 1971—1972 гг. внедрена технология получения гексафторида урана методом фторирования оксидов урана, а не тетрафторида, что позволило увеличить производительность, снизить потери урана, улучшить экономические показатели. Внедрение этого мероприятия и ряда других позволило с 70-х годов перерабатывать на сублиматном заводе СХК весь регенерированный уран от переработки ОСУБ Минатома.

Технология и оборудование радиохимического завода по разработкам институтов научно-технического управления и других главков также подверглись коренной модернизации. В 1966—1967 гг. внедрен сорбционный аффинаж плутония, в 1975—1976 гг. экстракционная очистка урана, высокоактивных отходов. В 1983 г. с внедрением I экстракционного цикла полностью заменена осадительная ацетатная технология. Указанные мероприятия дали возможность резко увеличить коэффициенты очистки урана и плутония, коэффициенты извлечения, снизить экономические затраты. Модернизация узлов растворения ОСУБ позволила в 80-е годы взять на переработку на РХЗ СХК ОСУБ с ПО «Маяк».

Совершенствование схемы обращения с НАО дало возможность с 70-х годов принимать на переработку и захороненные отходы с

ЗРИ, СЗ, ХМЗ, что в свою очередь сократило сбросы в открытую гидросеть.

Химико-металлургический завод обеспечивал выпуск постоянно совершенствующихся конструкций специзделий. Это достигалось за счет получения материалов для специзделий с лучшими механическими свойствами и повышенной коррозионной стойкостью, совершенствования технологий и оборудования литейного производства, разработки и совершенствования технологии штамповки специзделий, совершенствования технологии герметизации специзделий. Указанные меры позволили обеспечить высокое качество специзделий, увеличить прямой выход по операциям, снизить экономические затраты, увеличить гарантийный срок специзделий.

Совершенствование технологий и оборудования промышленных уран-графитовых ядерных реакторов дало возможность повысить уровень мощности, увеличить накопление плутония, увеличить ресурс работы реакторов, увеличить теплосъем. Выведенные из эксплуатации реакторы И-1, ЭИ-2, АДЭ-3 отработали по 30-35 лет, техническое состояние реакторов ЭИ-2 и АДЭ-3 позволяло эксплуатировать их далее, но отпала необходимость в наработке плутония.

Исследовательские, конструкторские и проектные разработки НИКИ СХК позволили внедрить на комбинате ряд передовых технологий и оборудования, две работы отмечены Ленинской премией, одна работа — Государственной премией.

В соответствии с международными договорами о сокращении ядерных вооружений в последние годы произошло значительное снижение государственного оборонного заказа для СХК: с 1987 по 1996 г. его объем в сопоставимых ценах сократился примерно в 10 раз. В 1996 г. доля оборонного заказа в общем объеме выпуска товарной продукции составила 7%. В связи с этим в конце 80-х — начале 90-х годов перед комбинатом возникла острая проблема компенсаций падения объемов товарного выпуска продукции, вызванных сокращением оборонного заказа. Решилась данная проблема в двух направлениях: во-первых, это приспособление имеющихся оборонных производств на выпуск продукции гражданского назначения, в первую очередь, топлива для АЭС, во-вторых, проведение конверсии тех произ-

водств, которые не могут быть переориентированы на выпуск продукции невоенного характера. Основные направления этих работ были определены «Комплексной программой конверсии СХК», утвержденной в 1992 г. Министром Минатома России В. Н. Михайловым. Данная программа включала в себя следующие направления:

1) производство товаров гражданского (народнохозяйственного) назначения:

создание производства сильноэнергетических магнитов на основе железо-неодим-бор;

создание производства ультрадисперсных и тонкодисперсных порошков оксидов различных металлов и самих металлов;

расширение производства безводного фтористого водорода;

2) производство товаров народного потребления:

выпуск смесителей и комплектующих изделий к ним (цех смесителей и керамики);

производство по сборке бытовых электродвигателей различных типов;

изготовление узлов для радиоэлектронной аппаратуры и телефонии;

изготовление датчиков для стиральных машин-автоматов;

сборка телевизоров и магнитофонов из импортных комплектующих;

3) оказание услуг зарубежным фирмам (переработка и обогащение природного и регенерированного урана);

4) реабилитация земель, загрязненных радиоактивными веществами в результате выполнения военных программ. Консервация и утилизация выведенных из эксплуатации ядерных реакторов;

5) перспективные направления по производству особо чистых веществ, ионогенных солей для химических источников тока, стабильных изотопов, моносилана (дисилана) и поликристаллического кремния.

Предусмотренные программой направления корректировались с учетом потребностей рынка и финансовых возможностей комбината. В настоящее время в результате реализации программ конверсий на комбинате созданы следующие производства, участки; установки:

1) опытно-промышленное производство фторидов железа и редкоземельных металлов.

Создано на СЗ. Могут производиться фториды железа, неодима, брома, являющиеся

сырьем для получения сильноточных магнитов и магнитных сплавов, а также фториды РЗМ, являющиеся сырьем для получения ультрадисперсных порошков. Производительность установок — несколько десятков тонн в год;

2) опытно-промышленное производство магнитов и магнитных сплавов.

Создано на ХМЗ. Сырьем являются фториды неодима, железа и брома, получаемые на СЗ. Могут производиться высокоэнергетические магниты и магнитные сплавы для нужд электро- и радиотехники, приборостроения, машиностроения и медицины;

3) опытно-промышленное производство ультрадисперсных порошков металлов и их оксидов.

Создано на ХМЗ и РХЗ. Выпускаются ультрадисперсные порошки меди, оксидов алюминия, железа, иттрия, циркония, магния;

4) участки по получению стабильных изотопов.

Созданы на ЗРИ и в опытных цехах НИКИ. Имеющаяся на ЗРИ центрифужная технология позволяет производить разделение природных стабильных элементов по изотопному составу. Рабочие вещества этих элементов для процесса разделения производятся в НИКИ;

5) участок по производству товаров народного потребления.

На РМЗ созданы участки по производству смесителей и комплектующих изделий к ним, по производству мебели, садово-огородного инвентаря, по сборке бытовых электродвигателей. Создан участок по сборке телевизоров из импортных комплектующих. В 1995 г. произведено около 22 000 смесителей, 556 теплиц, телевизоров;

6) оказание услуг зарубежным фирмам.

В 1992 г. СХК впервые приступил к оказанию услуг для инофирм. Первым иностранным партнером комбината стала фирма КОЖЕМА.

Контракт заключался в переработке и обогащении регенерированного урана. Для выполнения данного контракта на комбинате был выполнен комплекс работ: на РХЗ был смонтирован узел разгрузки регенерированного урана, на ЗРИ был организован выделенный РТ-каскад, позволяющий производить на данном заводе обогащение двух видов сырья без их смешения. По зарубежным правилам товарная продукция — низкообогащенный гексафторид урана, должна быть гомогенизирована в

жидком состоянии. Для этого в фирмы КОЖЕМА была куплена и смонтирована на ЗРИ в конце 1992 г. переливная установка для товарного продукта, в течение 1993 г. были смонтированы еще две переливные установки конструкции НИКИ. Все это позволило комбинату успешно выйти на внешний рынок. В настоящее время на ЗРИ проводятся работы по повышению производительности РТ-каскада за счет модернизация выработавшего ресурсный срок оборудования. В 1987 г. планируется в корпусе 9 смонтировать поставляемую фирмой КОЖЕМА переливную установку для сырьевого гексафторида урана — для контейнеров вместимостью 4 м³;

7) новая работа — переработка оружейного урана,

Большой конверсионной работой, проводимой на комбинате в последние годы, является создание участков и установок по переработке высокообогащенного оружейного урана в энергетический. Необходимость в данной работе возникла в связи с подписанием 18.02.93 нашим Правительством «Соглашения между Правительством РФ и Правительством США об использовании высокообогащенного урана, извлеченного из ядерного оружия» и последующим заключением контракта с Департаментом энергетики США. Речь идет о 500 т российского высокообогащенного урана, который за 20 лет должен быть переработан в низкообогащенный уран для топлива АЭС и отправлен в США.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В соответствии о концепцией по выведению из эксплуатации промышленных ядерных реакторов, утвержденной первым заместителем министра Б.В.Никипеловом в 1990 г., разрабатываются материалы по этапу выведения из эксплуатации собственно реакторов И-1, ЭИ-2, АДЭ-3, реакторных установок, электростанций, сооружений площадки № 2. Указанными материалами предусматриваются меры по минимальному воздействию сооружений на окружающую среду, по контролю за недрами, повторному использованию части сооружений, реабилитации загрязненных территорий и др.

2. На основании Решения коллегии Минатома РФ и приказа Министра № 586 от 29.12.95 в 1996 г. начаты проектные работы по строительству на СХК атомной станции теплоснабжения с двумя установками АСТ-500 для нужд теплоснабжения г.Северска. Разработчик АСТ-500 — ОКБМ, г. Нижний Новгород, генеральный проектировщик — ВНИПИЭТ, г. Санкт-Петербург. В 1996 г. сделан выбор площадей — это площадка № 2 бывшего завода № 5 (реакторы И-1, ЭИ-2, АДЭ-3). Разработка ТЭО была выполнена в 1997 г.

3. Решение о строительстве на СХК нового современного склада для ядерных материалов не было принято, такой склад сооружается на ГХК, г. Железнодорожск. Существующие склады для размещения 23 тыс. единиц хранения будут реконструироваться для повышения надежности по ядерной и пожарной безопасности.

На РХЗ создается склад для диоксида плутония, получаемого от переработки ОСУБ с АДЭ-4 и АДЭ-5.

4. В 1997 г. силами ХМЗ и НИКИ начаты исследования по получению топлива из плутония для реактора типа ГТ-МГР. Предполагается получить результаты для промышленной технологии по очистке плутония от америция, галлия и других примесей, получению микросфер, нанесению на них изолирующих покрытий, изготовлению топливных компактов. Отчетную документацию предполагается выдать в 1998 г.

5. Проводится комплекс работ на ХМЗ по совершенствованию конструкций и технологии изготовления специзделий, по разборке специзделий.

6. Силами СХК с привлечением других организаций проводятся работы по совершенствованию активной зоны ядерных реакторов АДЭ-4, АДЭ-5 с целью оптимизации их работы в энергетическом режиме.

7. После окончания эксплуатации ядерных реакторов АДЭ-4, АДЭ-5 и переработки полученных ОСУБ на РХЗ будут перерабатываться накопленные жидкие радиоактивные отходы, в том числе и полученные при консервации и ликвидации открытых хранилищ.

Красноярский Горно-химический комбинат

Г.К. Добрынских, П.В. Морозов

Решение о строительстве в Красноярском крае Комбината № 815 (ныне Горно-химический комбинат — ГХК) было принято в 1950 г. (постановление Совета Министров СССР от 26 февраля 1950 г. № 826/302 сс/оп).

Комбинат предназначался для наработки оружейного плутония в промышленных реакторах и его выделения на радиохимическом производстве. С целью защиты от возможных ядерных ударов, основные объекты предусматривалось разместить в скальных выработках глубоко под землей.

Проектирование промышленных объектов и жилого комплекса было поручено Ленинградскому проектному институту «Ленгипрострой» (ныне ГИ ВНИПИЭТ).

Инженерные изыскания начались в мае 1949 г., когда на место предполагаемого строительства комбината прибыла первая экспедиция «Ленгипростроя».

Место для подземной части комбината было выбрано там, где Атамановский кряж — один из отрогов Саянских гор — вплотную подходит к Енисею. Здесь русло Енисея зажато между высокими скалистыми берегами, поэтому это место называется «Прижим».

Строительство комбината и города было возложено на Управление строительством железных рудников Главпромстроя МВД СССР, ныне — СПАО «Сибхимстрой».

Для строительства и проектирования подземных сооружений Постановлением Совета Министров СССР были созданы Горное управление при Главтоннельметрострое МПС и филиал Метрогипротранса.

В июне 1950 г. приказом Первого Главного управления при Совете Министров СССР была организована дирекция строящегося предприятия, под условным наименованием «Восточная контора». Первым директором Восточной конторы был назначен Н.И.Терехов, а с 1951 по 1953 г. комбинатом руководил А.Ф. Гармашев.



Центральная улица в подземных сооружениях



Одна из подземных улиц

В 1953 г. Восточная контора передается в ведение Министерства Среднего машиностроения и подчиняется Главному управлению химического оборудования (ГУХО). Директором назначается А.Р. Белов.

Горно-химический комбинат был запроектирован в составе трех основных производств: 1)



Посадочная платформа электропоезда
в подземных сооружениях



Посадочная платформа электропоезда
в подземных сооружениях

реакторного (Завод «А»), 2) радиохимического (Завод «Б»), 3) металлургического (Завод «М»), с размещением этих производств в скальных выработках мощного горного хребта. Подземные сооружения Горно-химического комбината — это уникальный технологический комплекс, не имеющий аналогов в мировой практике. Впервые в мире сооружались подземные сооружения с пролетом до 20 м, высотой до 60 м и железобетонной обделкой в виде каркаса.

Подземные объекты комбината расположены не только в горизонтальной плоскости, но и значительно разнесены по высоте.

При проектировании и строительстве были использованы новейшие на тот период достижения в науке и технике, передовые технологии, современное оборудование.

Объем подземных выработок составляет несколько миллионов кубических метров. При строительстве промышленных объектов уложено более миллиона кубических метров бетона, смонтировано 40 тыс. т металлоконструкций, свыше 3000 км производственных трубопроводов, 5600 км кабельных сетей, 17 500 единиц оборудования, установлено 106 тыс. приборов, проложено 100 км наземных и подземных железных дорог, 175 км автодорог с твердым покрытием.

В процессе строительства в первоначальный проект комбината были внесены существенные изменения. Отпала необходимость в строительстве металлургического производства. Горные выработки, сделанные для Завода «М», были переданы Государственному комитету по

резервам. Сейчас в них расположен комбинат «Саяны».

В связи с внедрением более прогрессивных технологий на радиохимическом производстве, отпала необходимость монтажа оборудования в III и IV нитках Завода «Б».

Одновременно со строительством промышленных объектов ускоренно шло строительство в Соцгорода.

Для строительства Соцгорода было выбрано место на 10 км южнее основного объекта, в бывшей пойме р. Енисей. По первоначальному проекту численность города предусматривалась 25—30 тыс. чел. Вначале город застраивался одно- и двухэтажными деревянными домами.

В августе 1951 г. было справлено новоселье в первых четырех восьмиквартирных деревянных домах.

Строительство основных промышленных объектов и города в первые годы преимущественно вели заключенные, численность которых на 01.01.53 составляла 27 314 чел. (23 284 мужчины и 4030 женщин). С 1953 г. началась постепенная замена заключенных на военных строителей. В 1964 г. лагеря для заключенных были расформированы.

РЕАКТОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО (Завод «А»).

Строительство реакторного комплекса шло широким фронтом, круглосуточно.

Первым директором реакторного завода в 1954 г. был назначен В.П. Муравьев, имевший опыт работы на таком производстве в г. Челябинске-40.



Вход на реакторный завод

Одновременно с работами непосредственно на реакторе интенсивно велось строительство и монтаж оборудования на производствах и объектах, обслуживающих реактор. Это водозаборные сооружения на Енисее, мощные насосные станции первого и второго подъемов, объекты приточной и вытяжной вентиляции, энергетики, многочисленные тоннели для подачи воды на реактор и сброса ее, подачи воздуха и его удаления, транспортные тоннели.

На поверхности строились очистные сооружения, дизельная электростанция и другие объекты.

Все это нужно было увязать в единую технологическую схему, обеспечивавшую надежную работу реактора.

18 августа 1958 г. началась загрузка активной зоны первого промышленного реактора АД рабочими урановыми блоками (твэлами). Первые блоки в технологический канал реактора загрузил начальник Главного управления Минсредмаша А.Д. Зверев, второй комплект — директор ГХК А.Д. Белов.

19 августа реактор достиг критичности — физпуск прошел успешно. 25 августа была полностью закончена загрузка активной зоны реактора рабочими блоками.

В 13 ч 50 мин 25.08.58 ядерный процесс реактора АД взят на автоматическое регулирование по штатной схеме, пусковая схема отключена, а мощность реактора составила 0,5%.

Эта дата считается датой пуска Горно-химического комбината. Пуск реактора производился под руководством главного инженера за-

вода «А» А.Г. Мешкова и научного руководителя В.И. Рябова.

Непосредственно пуск проводил персонал технологических смен: А.Я. Антонов, Э.Б. Животков, С.И. Ракитных, Л.А. Белянин, Б.В. Катаев и др.

28 августа 1958 г. был начат энергетический пуск реактора на следующие ступени, согласно пусковой программе, и через 10 дней был достигнут проектный уровень мощности.

Таким образом, был введен в эксплуатацию комплекс сооружений, включавший в себя:

- 1) реактор АД с объектом выдержки готовой продукции;
- 2) объекты водоснабжения реактора;
- 3) объекты технологической и общеобменной вентиляции;
- 4) водоочистные сооружения и хранилища радиоактивных отходов;
- 5) дизельную электростанцию;
- 6) объекты энергоснабжения и связи;
- 7) транспортные коммуникации.

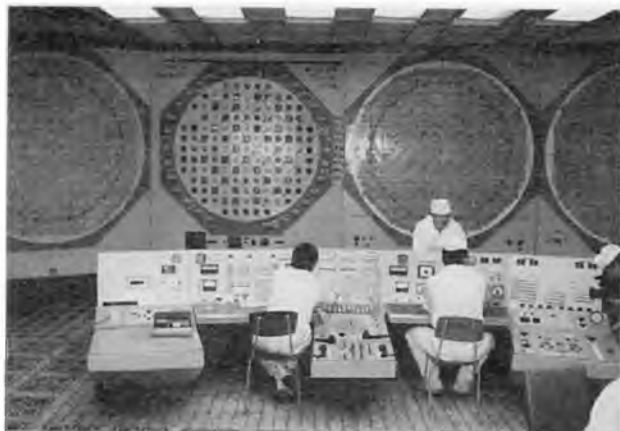
Общее руководство всеми работами по вводу в эксплуатацию первой очереди комбината осуществляли директор ГХК А.Р. Белов, главный инженер ГХК Н.С. Наумов и директор реакторного завода В.П. Муравьев.

Эксплуатация реактора АД первые годы проходила, в целом, удовлетворительно, однако выявился ряд слабых мест. Это низкая надежность рабочих урановых блоков, из-за чего происходило много кратковременных остановок реактора.

В первые годы произошло несколько тяжелых «зависаний» рабочих блоков, так называемых тепловых «козлов». При их ликвидации часть радиоактивных материалов попадала в охлаждающую реактор воду и затем в р. Енисей. Были приняты срочные меры по повышению качества твэлов и через 2 года количество кратковременных остановок по этой причине снизилось в 10 раз.

В первый год были часты случаи значительных выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в производственные помещения. Была выполнена большая работа по выявлению источников радиоактивного загрязнения и их устранению.

С середины 60-х годов было замечено ухудшение параметров разрежений в технологических пространствах реактора АД, что привело



Пульт управления реакторами



Турбинный зал АТЭЦ

к нарушению технических условий эксплуатации графитовой кладки.

Для осмотра реакторного пространства были разработаны и изготовлены специальные устройства (типа «луноход»), которые позволяли дистанционно осматривать все сварочные швы схемы «КЖ» в реакторном пространстве и выявлять трещины. Затем были разработаны и изготовлены специальные приспособления, позволявшие дистанционно устранять обнаруженные дефекты. Параметры эксплуатации графитовой кладки реактора были восстановлены.

Были проведены существенные изменения в системе управления и защиты реактора, направленные на повышение ее надежности.

Одновременно с эксплуатацией реактора «АД» проводились работы по строительству и монтажу оборудования реакторов АДЭ-1, АДЭ-2.

Темпы строительства были очень высокие, работы велись круглосуточно. 27.07.61 был введен в эксплуатацию реактор АДЭ-1, 24.01.64 — реактор АДЭ-2.

Все реакторы ГХК уранграфитовые, на тепловых нейтронах, канального типа с водным охлаждением. В активную зону загружаются рабочие блоки (ТВЭЛы) из урана естественного обогащения.

Реактор АД конструктивно был предназначен для работы только в проточном режиме. Конструкция реактора АДЭ-1 была предназначена для работы в двухцелевом режиме, т.е. для наработки плутония и выработки электрической, а также тепловой энергии. Однако, к

моменту пуска реактора не была готова теплоэнергетическая часть (парогенераторы, турбогенераторы), и было принято решение пустить реактор в проточном режиме (аналогично реактору АД). В дальнейшем предпринимались попытки перевести этот реактор в энергетический режим, с размещением теплоэнергетического оборудования в резервных выработках, так называемых III и IV «нитках» завода «Б» и был даже разработан технический проект, но, в силу разных причин, этот проект не был осуществлен. Длительная работа реакторов АД и АДЭ-1 в проточном режиме со сбросом охлаждающей воды в реку, привела к загрязнению поймы Енисея радиоактивными элементами.

Третий реактор АДЭ-2 введен в работу 30.01.64 сразу в энергетическом режиме. Одновременно с реактором АДЭ-2 был введен в эксплуатацию сложный комплекс теплоэнергетического оборудования подземной атомной теплоэлектроцентрали. 31 января 1964 г. был синхронизирован и включен в сеть первый турбогенератор. АТЭЦ вступила в строй действующих подразделений комбината.

В комплекс ТЭЦ входят 6 турбогенераторов, 30 парогенераторов, насосная станция первого контура, электрические подстанции и многое другое оборудование.

Реактор АДЭ-2 имеет замкнутую схему водоснабжения. Тепло с этого реактора используется для выработки электрической энергии и нагрева сетевой воды, которая с 1966 г. подается в город для горячего водоснабжения и отопления жилого массива, школ, больниц, промышленных предприятий.

Использование энергии атома для нагревания воды с целью отопления и горячего водо-

снабжения сотысячного города впервые в мире и России применено на Горно-химическом комбинате. Энергетический реактор является основным источником теплоснабжения г. Железногорска.

В процессе эксплуатации постоянно проводилась работа по совершенствованию технологического процесса, систем управления, контроля и защиты реакторов, повышению ядерной и радиационной безопасности. В результате мощность реакторов, по сравнению с проектной, была увеличена: реактора АД в 2,2 раза, АДЭ-1 в 1,6 раза, АДЭ-2 в 1,3 раза.

Наибольший вклад в научные разработки, внедрение новой техники и в совершенствование технологических процессов внесли: В.П. Муравьев, В.И. Рябов, Н.Ф. Луконин, Б.М. Долишнюк, Ю.С. Волжанин, Б.В. Растегаев, Г.Н. Шевелев, П.В. Морозов, А.С. Губарь, М.П. Казаков, А.Л. Зарайский, В.Н. Кибо, Н.А. Сажин, В.И. Никиташин, М.В. Шавлов, В.А. Лебедев.

Проектирование реакторного завода и обслуживающих его производств вели следующие проектно-конструкторские организации: Ленгипрострой, филиал Метрогипротранса, КБ Завода № 92, ОКБ-12, ПКБ-12, ГПИ «Проектстальконструкция», ГПИ ТПЭП, ЛО ТЭП, КБ завода «Большевик», НИИ-8, НИИ-9 и др. Научное руководство осуществлял Институт атомной энергии.

Строительно-монтажные работы выполняли: Горное управление Главтоннельметростроя, Управление строительством «Сибхимстрой», трест «Сибхиммонтаж», МСУ-3, МСУ-53, «Востокэнергомонтаж» и другие организации.

За время эксплуатации по 1975 г. на реакторах имели место девять тяжелых «зависаний» типа «Тепловой козел», в том числе: три — на АД, пять — на АДЭ-1 и одно — на АДЭ-2.

Были созданы вспомогательные объекты.

Объект водоснабжения предназначен для обеспечения водой реакторов, теплоэнергетического оборудования ТЭЦ, технологических потребностей радиохимического производства и снабжения всех объектов, расположенных под землей, пожарной и хозяйственно-питьевой водой. В состав объекта входят два независимых водозабора на Енисее, сеточные, насосные и фильтрованные станции, баки вместимостью до 20000 м³, заполненные водой для

аварийного расхолаживания реакторов, тоннели для подачи и сброса воды.

В объекте находятся химобессоливающие установки подготовки воды для подпитки I контура и сетевых трубопроводов, подающих горячую воду для отопления города. В состав объекта включена станция для выработки газообразного азота и подачи его в графитовые кладки реакторов.

Цех промышленной вентиляции предназначен для обеспечения приточным воздухом объектов, расположенных под землей, и его удаления, вытяжки технологических газов с реакторного и радиохимического производств.

Специально для ГХК были разработаны и изготовлены вентиляторы производительностью 1 000 000 м³/ч.

Первый такой вентилятор был пущен в 1957 г. — это было первое промышленное оборудование в подземной части комбината, введенное в эксплуатацию по постоянной схеме.

В 1963 г. принята в эксплуатацию турбокомпрессорная станция для обеспечения сжатым воздухом технологических процессов радиохимического завода.

В 1958 г. была введена в работу первая очередь очистных сооружений. В состав очистных сооружений входили: станция очистки воды, спецканализации реакторного завода, открытый бассейн емкостью 350 тыс. м³ для выдержки охлаждающей воды, поступавшей с реактора АД и аварийный открытый бассейн емкостью 204 тыс. м³ и для приема воды в случае аварии на реакторе.

В 1963 г. введено в эксплуатацию хранилище твердых радиоактивных отходов. До этого такие отходы помещались в могильники, расположенные рядом с реакторами.

Первыми организаторами вспомогательных производств, внесшими наибольший вклад, были Н.И. Байков, А.В. Лезин, С.И. Захаров, З.Г. Арасланов, Н.И. Греков, В.Н. Савелов, Е.Ф. Солдатов, Г.М. Шумилин, Г.К. Хохлов.

РАДИОХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО (Завод «Б»).

Проект радиохимического завода был выполнен Ленгипростроем в 1955—1956 гг. с учетом результатов освоения ацетатной технологии Заводов «Б» г. Челябинска-40 и г. Томск-7. Первым директором завода был назначен



Пульт управления на радиохимическом заводе

И.К. Носов. 20 апреля 1964 г. была пущена в эксплуатацию первая технологическая нитка, а в ноябре 1964 г. была достигнута ее проектная производительность.

Принятая ацетатная технология выделения урана и плутония в сочетании с оксалатным осаждением плутония была слишком громоздкой, поэтому на заводе была начата проверка сорбционной технологии аффинажа плутония, разработанной Радиевым институтом им. В. Г. Хлопина. В декабре 1965 г. сорбционная технология была внедрена в производство.

В марте 1968 г. была пущена в эксплуатацию вторая технологическая «нитка», а в июне была достигнута ее проектная производительность. Производительность двух технологических ниток была достаточной для переработки всего количества облученных твэлов от трех реакторов, поэтому было принято решение не строить третью и четвертую нитки завода. Выработки для этих ниток до настоящего времени являются резервными.

Дальнейшие работы по совершенствованию действующих технологических процессов, оборудования, разработке и внедрению новых велись с целью улучшения качества получаемых продуктов, повышения технико-экономических показателей, снижения объема отходов, улучшения условий труда, повышения безопасности производственных процессов.

Ниже кратко представлены этапы проводимых работ.

С 1965 г. на заводе совместно с ЦЗЛ проводились работы по созданию технологических схем выделения нептуния и технеция.

В 1966 г. была создана аппаратурно-технологическая схема выделения нептуния, вначале на первой нитке, а затем на второй нитке.

В 1967 г. на Заводе «Б» впервые в СССР была получена товарная партия технеция-99. В дальнейшем в связи с отсутствием спроса на эти продукты, их извлечение было прекращено.

В 1972 г. на заводе внедрена цельно-сорбционная технологическая схема извлечения плутония.

С 1971 г. начато внедрение экстракционных процессов для переработки отходов (статическая экстракция). В 1976 г. начала реконструкция технологической нитки Б-1 для перехода на экстракционную технологию при переработке основных растворов. вторая нитка Б-2 обеспечивала переработку всего исходного сырья без снижения производительности.

26 октября 1979 г. осуществлен пуск в эксплуатацию экстракционной технологической схемы для извлечения урана и плутония (I этап реконструкции), в апреле 1980г. достигнута проектная производительность, ликвидированы остатки ацетатно-осадительной технологии 1986 г. — окончание работ по II этапу реконструкции завода (создан узел межциклового упарки, резервное отделение для экстракционной технологии).

Выполнение комплекса мероприятий по модернизации действующего оборудования, внедрению прогрессивных технологических процессов, новых материалов позволило заводу перейти с трехлетнего на четырехлетний межремонтный цикл.

На дальнейший период частично выполнены и планируются следующие работы:

1986—1995 гг. — разработка новых технологических процессов и оборудования для подъема и выдачи радиоактивных осадков из емкостей большого объема (3000 м³), растворения осадков, извлечения из растворов урана и плутония, отверждения нерастворимых остатков;

1994—1998 гг. — создание опытных и опытно-промышленных установок по переработке накопленных за 30-летний период эксплуатации радиоактивных пульп;

1996—2002 гг. — переработка накопленных пульп;

2000—2005 гг. — вывод из эксплуатации радиохимического завода.

Наибольший вклад в пуск, освоение и совершенствование радиохимического производства

внесли Э.П. Острейковский, И.Н. Кокорин, Л.П. Прохоров, Ю.А. Ревенко, В.П. Мельников, Г.А. Демидов, В.П. Гуничев.

В 1967 г. в составе очистных сооружений комбината введен в эксплуатацию полигон подземного захоронения жидких радиоактивных отходов «Северный». Полигон «Северный» предназначен для окончательного контролируемого захоронения в геологические формации жидких технологических солевых растворов среднего уровня активности и низкоактивных нетехнологических отходов.

Среднеактивные отходы удаляются в I горизонт, залегающий на глубине 400—500 м от дневной поверхности. Низкоактивные отходы удаляются во II горизонт, расположенный на глубине 150—250 м.

В состав подземного хранилища технологических отходов входят 8 нагнетательных, 8 разгрузочных и 54 наблюдательных скважин.

В состав хранилища низкоактивных отходов входят 4 нагнетательных, 4 разгрузочных и 37 наблюдательных скважин.

Глубинное контролируемое захоронение жидких радиоактивных отходов на полигоне «Северный» ГХК позволило надежно изолировать от среды непосредственного обитания человека значительную часть образовавшихся отходов, избежать строительства потенциально-опасных хранилищ, бассейнов и обеспечить удовлетворительное радиационное состояние прилегающей территории.

Обезвреживание жидких радиоактивных отходов в подземном пласте-хранилище (горизонте) происходит за счет естественного распада радионуклидов во времени, разбавления их подземными водами горизонта и сорбции большинства радионуклидов на вмещающих породах пласта.

Проект подземной части полигона и обоснование безопасности захоронения выполнено ВНИПИПТ (бывшее п/я М-5703), проект наземных сооружений — Ленгипростроем (ГИ ВНИПИЭТ). Расчетное время выдержки отходов в хранилище I горизонта составляет 800—1000 лет, в хранилище II горизонта 200—300 лет, что полностью гарантирует от выхода радионуклидов выше допустимых концентраций в открытую гидрографическую сеть даже без учета процессов сорбции, разбавления и гидролиза. Тридцатилетний период эксплуатации (полигон введен в эксплуатацию в 1966—

1968 гг.) полностью подтверждает положение расчетного контура отходов их фактическому распространению.

В 1968 г. в основном было завершено строительство промышленных объектов. Горно-химический комбинат представляет сложный технологический комплекс, расположенный на площади 4235 га, основные объекты находятся под землей в скальных выработках. Стоимость основных фондов на 01.01.75 г. составляла 913 664 тыс. руб. (в ценах того времени).

К моменту пуска первой очереди численность эксплуатационного персонала ГХК составляла 3277 чел. По мере ввода в эксплуатацию объектов и цехов численность постоянно возрастала и в 1964 г. достигла 10 540 чел.

В последующие годы основными задачами коллектива комбината были:

обеспечение устойчивой, безаварийной работы основного оборудования,

повышение эффективности производства за счет внедрения передовых технологий и более надежного и производительного оборудования.

На реакторном производстве был разработан и внедрен комплекс мероприятий по поддержке работоспособного состояния графитовых кладок, в которых из-за радиационного и термического воздействия происходили процессы, затруднявшие эксплуатацию реакторов.

На всех реакторах была проведена реконструкция систем управления и защиты (СУЗ), а также систем массового контроля (измерение температуры воды в технологических каналах, контроль целостности ТК и других).

Внедрение нового воднохимического режима на энергетическом реакторе позволило существенно увеличить выработку электрической энергии и улучшить схему аварийного расхолаживания.

На радиохимическом заводе в 1979—1983 гг. была внедрена экстракционная технологическая схема, что позволило:

улучшить качество товарного урана по содержанию радионуклидов в 5 раз и плутония более, чем в 20 раз;

существенно сократить расход химических реагентов;

уменьшить объем отходов и содержание в них урана и плутония;

увеличить извлечение урана и плутония.

Была проведена большая работа по внедре-

нию автоматизации и механизации производственных процессов, по улучшению условий труда, техники безопасности и безопасности производственных процессов. Учитывая подземное расположение основных объектов, создание нормальных санитарно-климатических условий для персонала стало одной из главных задач, особенно в помещениях с избыточным энерговыделением.

На комбинате постоянно проводилась целенаправленная работа по совершенствованию управления и нормирования труда, внедрению передового опыта, повышению квалификации персонала.

В 1966 г. Горно-химический комбинат был награжден орденом Ленина.

Большой вклад в создание и развитие комбината внесли руководители предприятия А.Р. Белов, С.И. Зайцев, А.Г. Мешков, Н.С. Наумов, Б.М. Долишнюк, Е.И. Микерин, И.Н. Кокорин.

Учитывая, что в мире шли планомерные процессы по снижению международной напряженности, уменьшению военного противостояния, снижению гонки вооружений, начались переговоры между Россией и США об ограничении, а в дальнейшем — значительном сокращении стратегических вооружений, и на этом фоне спрос на основную продукцию ГХК — оружейный плутоний — существенно уменьшился, на комбинате с 1977 г. начали осуществлять программу по конверсии.

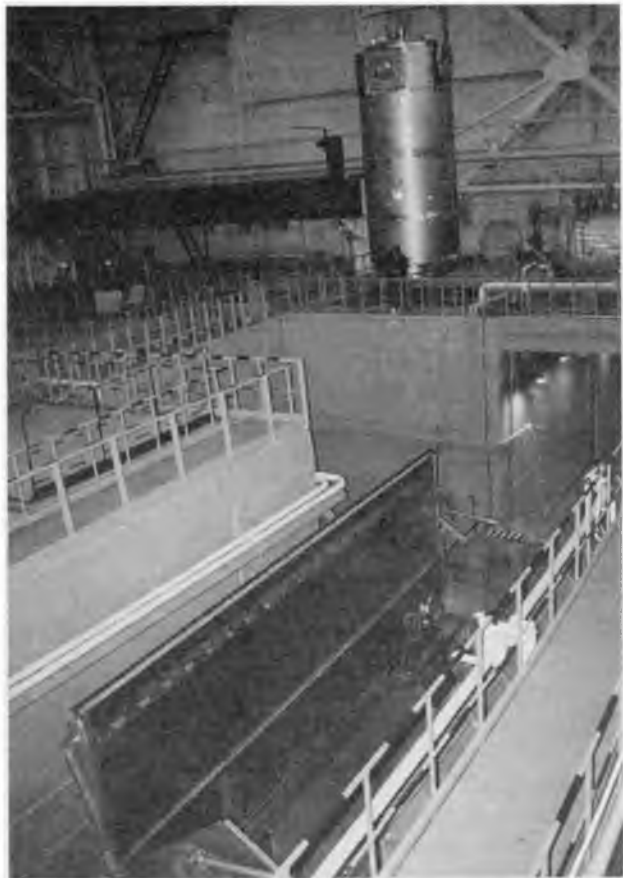
После подписания соглашения между Россией и США о полном прекращении работки оружейного плутония к 2000 г., на комбинате в 1992 г. два реактора их трех были остановлены, третий, последний (АДЭ-2), должен быть остановлен не позднее 2000 г. после создания замещающих источников тепловой и электрической энергии для г. Железногорска.

НАПРАВЛЕНИЯ КОНВЕРСИИ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Направления конверсии ГХК выбирали, исходя из:

наличия высококвалифицированных, дисциплинированных кадров радиохимиков, химиков, физиков, аналитиков, высвобождаемых с действующих оборонных производств;

наличия резервных производственных пло-



Разгрузка контейнера с ОЯТ из железнодорожного вагона в хранилище ОЯТ

щадей развитой инфраструктуры по обеспечению создаваемых производств;

наличия новейших систем очистки жидких сбросов и газовых выбросов;

использования современных безотходных технологий;

потребности России и других стран в планируемой к выпуску высококачественной продукции.

Предвидя это, на комбинате с 1977 г. начали строительство завода РТ-2 в соответствии с Постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров СССР №№ 417–258 от 31.08.76, 684–200 от 16.10.76, 2014 — 343 от 06.11.80. Завод РТ-2 предназначен для приема, временного хранения и последующей радиохимической переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с АЭС бывшего СССР, оснащенных реакторами ВВЭР-1000. В 1985 г. была введена в эксплуатацию первая очередь завода — комп-

лекс хранилища на 6000 т ОЯТ с рядом вспомогательных зданий и сооружений, на 01.01.96 г. в хранилище принято 1300 т ОЯТ с АЭС России и Украины.

Строительство перерабатывающего комплекса завода началось в 1984 г. по проекту, разработанному ГИ ВНИПИЭТ, в 1990 г. строительство временно было прекращено из-за отсутствия финансовых средств и практически не финансируется до настоящего времени.

За 10-летие, прошедшее с начала строительства, существенно изменилась законодательная и нормативная база по обращению с ОЯТ, с отходами от переработки ОЯТ. Это потребовало серьезной переработки проекта, особенно в части обращения с ВАО и САО завода. ГИ ВНИПИЭТ разработал откорректированное ТЭО завода РТ-2, учитывавшее эти изменения. В настоящее время ТЭО проходит экспертизу в различных организациях, имеются положительные заключения Госсаннадзора и Госатомнадзора, Минатома, ФЭИ, МЧС, сейчас ТЭО рассматривается в Минприроды.

Решение о продолжении строительства завода РТ-2 может быть принято по результатам всех проводимых экспертиз.

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРЕМНИЯ

Работы по созданию таких производств ведутся с 1990 г. В связи с выделением Украины в самостоятельное государство Россия осталась без поликристаллического и монокристаллического кремния, так необходимого для электронной промышленности, электротехнической и других отраслей народного хозяйства.

К настоящему времени разработано и проходит экспертизу ТЭО на создание этих производств по полной производительности, принято решение о строительстве такого комплекса

очередями. Из состава первой очереди выделен пусковой комплекс, для которого практически готова рабочая документация, начато строительство (выполнено 14—18% общего объема СМР по пусковому комплексу). Финансирование осуществляется за счет льготного кредита (выделение средств из возвращаемого долга Индии России).

Создано и действует промышленное производство сталеалюминиевых электродов для алюминиевых заводов Сибири, успешно работают конвейерные линии по производству электронных блоков для отечественного черно-белого телевизора «Рассвет» и сборки цветных телевизоров южнокорейской фирмы «Самсунг», выпускается широкий спектр товаров народного потребления.

По заданию Минатома в рамках конверсии созданы и работают опытно-промышленные производства по получению особочистых материалов: галлия, висмута, теллурида висмута, созданы опытные установки по получению арсенида галлия, германия, триметилгаллия, триметилалюминия, скандия.

На основе теллурида висмута создано производство термоэлектрических микроохлаждающих устройств для бытовых холодильников, галлий и теллур поставляются частично за рубеж.

Планируется создать крупное производство по химической переработке уникальных руд Томторского месторождения (республика Саха, Якутия) с извлечением ниобия, фосфора и целого ряда редкоземельных элементов: церия, иттрия, неодима, празеодима, самария, лантана и др.

Реализация выбранных направлений конверсии позволит обеспечить работой высвобождаемый с оборонных производств высококвалифицированный персонал, выпускать необходимую России продукцию с качеством не ниже лучших мировых образцов.

Становление и развитие Ангарского электролизного химического комбината

В. П. Шонен, А. Т. Шулешко

Решение о создании Ангарского электролизного химического комбината (Предприятие п/я 79) было принято в 1954 г. и явилось одним из решающих факторов глобального увеличения производства обогащенного урана в стране и существенным историческим вкладом в достижение ядерного паритета с США и другими ядерными державами.

Комбинат был основан по постановлению Совета Министров СССР за № 409-179 от 10.03.54 соответствующим решением Министерства среднего машиностроения, объявленному приказом Министра от 12.03.54.

Проектирование комбината было возложено на Государственный проектный институт № 11 («Ленгипрострой») с привлечением других проектных организаций. Проектирование началось в сентябре 1954 г. и продолжалось по октябрь 1957 г.

Согласно проекту комбинат представлял собой комплекс заводов, цехов и служб, обеспечивавший взаимосвязанный, замкнутый производственный цикл от получения сырьевого гексафторида урана до его обогащения методом газовой диффузии и переработки отходов, образующихся в процессе производства.

Выполнение строительных и монтажных работ постановлением Совета Министров СССР за № 1087-470 от 03.06.54 было возложено на Ангарское управление строительством № 16, которое входило в состав Главпромстроя МВД СССР, а затем, в 1955 г. было передано Министерству среднего машиностроения.

1. СТРОИТЕЛЬСТВО И ПУСК КОМБИНАТА

По проекту комбинату был присвоен № 820. В состав комбината входили: газодиффузионный завод Д-8, завод по производству сырьевого гексафторида урана (сублиматный завод), ремонтно-механический завод, теплоэлектроцентраль. Первым пусковым объектом должен был стать завод Д-8 по обогащению гексафто-

рида урана методом газовой диффузии, состоящий из четырех корпусов (протяженностью от 800 м до 1 км) с оборудованием, объединенным в одну технологическую цепочку. Торцы корпусов с одной стороны были замкнуты соединительным коридором для технологических коммуникаций и взаимосвязи между корпусами.

Под строительство комбината была отведена площадка в Юго-Западном районе г. Ангарска. В марте 1955 г. началась вырубка леса под строительство корпуса № 1. Ангарским управлением строительства № 16 руководил опытный строитель Р.С. Зурабов. Главным инженером был С.Н. Алешин, заместителем главного инженера, курирующим строительство комбината — А.Е. Попов.

Непосредственное выполнение строительных и монтажных работ с привлечением специализированных монтажных организаций было возложено на строительный район № 10, которым руководили Ф.И. Кравченко и Ю.А. Корневский, и на строительный район № 6 (строительство ТЭЦ-10), которым руководил А. М. Жуков.

Работы по созданию производственной базы строительства, железных и шоссейных дорог были начаты во второй половине 1954 г. В начале сентября 1954 г. приказом Министра директором строящегося комбината был назначен В.Ф. Новокшенов, бесценно проработавший на этом посту до мая 1985 г. Это был высокоэрудированный, талантливый инженер-энергетик, организатор производства, уже имеющий опыт пуска аналогичного оборудования и до этого работавший директором диффузионного завода Д-3 на предприятии п/я 318 (Свердловск-44). Он скончался после тяжелой и продолжительной болезни в 1987 г. В честь его имени названа одна из улиц г. Ангарска.

К концу 1954 г. образовалась дирекция строящегося комбината в составе семи чело-

век, прибывших с предприятия п/я 318 (Свердловска-44).

Первым главным инженером строящегося комбината был назначен в январе 1955 г. И. Д. Морохов, но уже в июле того же года он был отозван Министерством обратно в Свердловск-44. На его место был назначен И.С. Парахнюк, до этого работавший главным инженером завода Д-3 в Свердловске-44. И.С. Парахнюк работал главным инженером комбината до 1976 г. и внес большой вклад в техническое руководство комбинатом в период его пуска, становления и развития.

В.Ф. Новокшенову и И.С. Парахнюку в 1963 г. за наладку и пуск диффузионного завода в Свердловске-44 была присуждена Государственная премия.

Трудовой коллектив газодиффузионного завода формировался в процессе пуска и наращивания мощностей за счет привлечения опытных специалистов и рабочих предприятия п/я 318 (ныне — Уральский электрохимический комбинат УЭХТ). В дальнейшем УЭХТ стал базой для формирования основного ядра коллектива комбината. Кроме того, к комплектованию комбината кадрами широко привлекались специалисты и рабочие других родственных предприятий (Томск-7, Челябинск-40, Кирово-Чепецк), а также местное население и молодые специалисты, выпускники Уральского и Томского политехнических институтов. К началу пуска первой очереди газодиффузионного завода (1957 г.) персонал комбината насчитывал 1084 работавших, из которых около 500 человек были переведены с родственных предприятий.

В период 1954—1956 гг. строительство комбината велось невысокими темпами, так как руководство Ангарского управления строительством № 16 основное внимание уделяло сооружению в Ангарске крупнейшего нефтехимического комбината, завезенного после окончания войны из Германии.

Резкий поворот к усилению темпов строительства комбината произошел после пребывания в Ангарске в начале 1957 г. первого заместителя председателя Совета Министров СССР М.Г. Первухина, который перед строителями и эксплуатационниками поставил задачу быстрее вводу в действие комбината, как объекта первостепенной государственной важности. Строительство оживилось и велось

передовыми методами с применением крупных панелей, сборного железобетона, блоков и механизмов.

В 1956 г. руководством комбината совместно со специалистами был определен пусковой минимум, установлено проведение первоочередных строительного-монтажных работ, начата подготовка технической документации, подбор кадров и организация их обучения на родственных предприятиях. Было создано управление капитального строительства, главным инженером которого стал В.М. Кулаков.

В конце 1956 г. началось интенсивное поступление технологического оборудования, для приемки и размещения которого была создана база оборудования, оснащенная необходимыми грузоподъемными механизмами.

3 мая 1957 г. от строителей была принята первая «захватка» (часть корпуса) № 1 и начался завоз и сдача под монтаж первой партии оборудования газодиффузионного завода. Для обогащения урана были предназначены последние, наиболее совершенные образцы газодиффузионных машин Т-52, Т-50, Т-56М Ленинградского Кировского завода и ОК-26, ОК-30, ОК-30М Горьковского машиностроительного завода «Красное Сормово», отличающиеся высокой производительностью и особой надежностью в эксплуатации.

Для быстрого осуществления пуска первой очереди требовалось сосредоточить усилия эксплуатационников по координации строительных и монтажных работ, обучению персонала, разработке и изучению нормативно-технической документации. Организационно это проявилось в создании в 1956 г. пускового цеха № 81. Первым начальником цеха был назначен В.А. Долбунов, заместителями — Ю.В. Тихомолов и А.А. Пушкин.

Монтаж технологического оборудования начался 18 мая 1957 г. и проводился по «захваткам», которые отделялись металлическими перегородками от тех частей корпуса, где велись строительные-монтажные работы.

Монтажными бригадами заводов-изготовителей руководили Б.Ф. Кашперский (Ленинградский Кировский завод) и М.В. Барышников (Горьковский завод).

В связи с отставанием строительства ряда проектных установок, сетей и сооружений, обеспечивающих производственный процесс электроэнергией, водой, фтором, сжатым воз-

духом и жидким азотом, пуск первой очереди диффузионного завода не мог быть осуществлен в установленные сроки без принятия временных технических решений. По предложениям молодого эксплуатационного коллектива такие решения были найдены. Подача сжатого воздуха была осуществлена от передвижных компрессоров, проложены два временных водовода от водозабора нефтехимического комбината, смонтирован временный щит технологического контроля в подвальной помещении корпуса № 1, смонтирована временная станция жидкого азота.

В июне 1957 г. было принято в эксплуатацию здание № 7 и был получен фтор для пассивирующей обработки.

К моменту пуска была смонтирована и задействована система энергоснабжения 110 кВ от ТЭЦ № 1. В 1958 г. электроснабжение было улучшено с вводом линии 220 кВ. Ускорение темпов строительства и осуществление ряда временных мероприятий позволили 21 октября 1957 г. осуществить пуск в безотборном режиме диффузионного оборудования первой очереди завода, в объеме 1/4 корпуса № 1. 308 диффузионных машин были включены в работу по разделению изотопов урана и 29 октября 1957 г. была получена первая партия продукции — обогащенный уран.

Включение первой машины было предоставлено начальнику Ангарского управления строительством Р.С. Зурабову, приложившему много усилий для ускорения пуска завода.

С пуском первой очереди завода дальнейший ввод разделительных мощностей проводился постепенным подключением технологических блоков диффузионных машин. Изменение КПД работы машин осуществлялось постоянным изменением схемы соединения межкаскадных коммуникаций применительно к объему работающего оборудования и обеспеченности электроэнергией.

В 1960 г. на базе основного технологического цеха было образовано самостоятельное подразделение комбината — диффузионный завод с бесцеховой структурой. Директором диффузионного завода был назначен Н. А. Штинов, главным инженером — Ю. В. Тихомолов.

В процессе пуска ряд специалистов, имеющих опыт работы на аналогичном производстве, был назначен на руководящие должности. Главным механиком комбината стал М.Ф. Кар-

пушев, главным энергетиком — А.И. Рыбинцев, главным прибористом — В.Г. Денисенко, начальником ремонтного цеха Ю. Д. Гушин, начальником цеха ремонта приборов — Е.А. Дуванский.

Весь диффузионный завод в объеме четырех корпусов вместе с энергетическим и вспомогательным комплексом был введен в эксплуатацию 8 февраля 1963 г., т. е. за 5 лет и 3 мес. Это был небывалый в истории срок.

Интенсивный процесс наращивания мощностей диффузионного завода опережал организационно-техническую базу и квалификационный уровень эксплуатационного персонала. Вследствие этого в 1963 г. на заводе сложилась аварийная ситуация с выходом из строя технологического оборудования и остановкой работы технологической цепочки. На восстановление работоспособности завода потребовалось полгода. Существенную помощь в отладке производства оказали специально откомандированные с Уральского электрохимического комбината специалисты Б.Ф. Алейников, Б.С. Пужаев, А.М. Иванов, Р.В. Эйшинский.

Одновременно со строительством газодиффузионного завода на промышленной площадке комбината шло строительство завода по производству сырьевого гексафторида урана (сублиматного завода), включающего производство фтористого водорода и фтора, газоочистку и регенерацию урана из отходов производства. Строительство завода было начато в 1957 г. по проекту Новосибирского филиала ГСПИ-11 («Сибкадемпроект»). Проектная схема завода предусматривала получение гексафторида урана путем фторирования тетрафторида урана по устаревшей технологии на оборудовании малой производительности. Такая схема не могла обеспечить выпуск гексафторида урана в количествах, обеспечивавших потребности разделительных производств. В процессе пуска и эксплуатации схема и оборудование были принципиально изменены.

Первую продукцию в объеме пускового минимума завод выдал 29 декабря 1960 г., а в конце 1962 г. завод был введен на полную проектную мощность.

В ходе строительства и подготовки к пуску ядро производственного персонала сублиматного завода комплектовалось за счет специалистов и рабочих, приглашенных из Томска-7

(ныне Сибирский химический комбинат, г. Северск) и из г. Кирово-Чепецка.

2. СОЗДАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ

Энергоемкое газодиффузионное производство не могло развиваться без создания надежно-го и достаточного электро- и водоснабжения.

Созданная в пусковой период временная схема электро- и водоснабжения не обеспечивала потребностей растущего производства при быстром наращивании новых разделительных мощностей.

Недостаток электроэнергии приводил к перегрузкам системы и отключению оборудования. В 1957 г. началось строительство теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-10) блочного типа.

В 1960—1962 гг. в Иркутской обл. не хватало электроэнергии, строительство ТЭЦ было взято под особый контроль Министерством, местными партийными органами и считалось пусковым объектом первоочередной важности.

25 октября 1959 г. первый блок ТЭЦ в составе турбогенератора мощностью 50 МВт с промышленным и теплофикационным отбором и двух котлов принял промышленную нагрузку. С пуском первого блока и вводом в эксплуатацию в 1960 г. первой наземной теплофикационной магистрали было обеспечено теплоснабжение всей промплощадки и жилого района комбината. Вся теплоэлектроцентраль, состоящая из восьми блоков общей мощностью 1100 МВт, пускалась поблочно, по жесткому графику, блоки по 150 МВт монтировались и вводились без предварительных испытаний котлов и турбин, прямо с заводских стендов. В полном объеме ТЭЦ была введена в эксплуатацию в апреле 1962 г. в рекордно короткий срок. Это была крупнейшая теплоэлектроцентраль в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, оснащенная оборудованием новейшей конструкции, впервые освоенным в промышленной эксплуатации на комбинате. После ввода всех агрегатов ТЭЦ была передана в систему Иркутскэнерго в 1963 г.

С вводом в эксплуатацию ТЭЦ комбинат получил устойчивую базу электроснабжения, в дальнейшем расширенную с вводом Братской ГЭС и ЛЭП 500.

В 1960—1962 гг. была создана система объединенного технического водоснабжения комбината, включающая водозабор на реке Ангаре с

крупнейшей в стране насосной станцией подачи 200 000 м³/ч, подводящий, сбросной и соединительные каналы, насосную станцию №3.

Большой вклад в создание энергетической базы комбината внесли директора ТЭЦ С.К. Свиридов, Н.В. Петров, главный инженер И.С. Тюменев, заместитель главного инженера В.В. Поляков, начальники цехов В.Т. Кулаков, А.В. Пономарев, В.М. Шахров, В.П. Полякова, О.А. Кучерявый, Н.С. Попов, главный энергетик комбината А.И. Рыбинцев, начальник цеха пароводоканализации М.И. Охапкин, его заместитель И.П. Лукьянов, куратор УКС И.П. Ви-тушкин.

В 1963 г. в результате напряженной и самоотверженной работы трудового коллектива пуск комбината в объеме, предусмотренном проектом, был завершен, за достигнутые результаты по вводу в эксплуатацию пускового комплекса большая группа работников комбината была награждена орденами и медалями.

Награждение работников комбината по итогам выполнения пятилеток проводилось и в последующие годы.

В 1966 г. прибористу газодиффузионного завода И.С. Моторному и в 1971 г. слесарю сублиматного завода В.В. Ковалькову были присвоены звания Героев Социалистического Труда.

3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В 1962 г. оформилась структура комбината, которая включала в себя газодиффузионный, сублиматный и ремонтно-механические заводы, ТЭЦ, комбинатууправление, управление капитального строительства, жилищно-коммунальное управление, службы главных специалистов, центральную заводскую лабораторию, ремонтный и энергетический цехи, автохозяйство.

Характерной чертой развития комбината в течение 25 лет было непрерывное совершенствование производства путем разработки и внедрения нового оборудования и технологических процессов с целью повышения эффективности производства на существующих площадях.

При этом создание и внедрение новой техники в 1960—1985 гг. шло одновременно с наращиванием и вводом в эксплуатацию производственных мощностей. К разработке и созданию новой техники привлекались ведущие

отраслевые и академические научно-исследовательские институты и проектно-конструкторские бюро: ВНИПИЭТ, ВНИИХГ, «Сибкадемпроект», МХТИ им. Менделеева, НИИ-ХИММАШ, Томский политехнический институт, КБ Ленинградского Кировского и Горьковского заводов и др.

Для постоянного изучения и оценки эффективности действующих производственных процессов и оборудования, выявления путей и направлений их совершенствования, а также взаимодействия с производственными подразделениями и координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с привлеченными институтами в 1967 г. была создана производственная научно-исследовательская лаборатория, которую в разное время возглавляли Б.Г. Карнаухов, А.В. Уваров, М.В. Сапожников, В.И. Корючкин. Работниками лаборатории совместно с производственным персоналом был успешно решен ряд сложных технических проблем и определены исходные данные для создания новых технологий и оборудования. Лаборатория явилась также базой для роста научных кадров комбината. По материалам новых разработок, внедренных в производство, работниками комбината были защищены две докторские и 11 кандидатских диссертаций.

Модернизация газодиффузионного оборудования была осуществлена в четыре этапа:

1-й этап (1960—1963). Замена разделительных элементов на новые более совершенные;

2-й этап (1962—1965). Нарастивание количества делителей у диффузионных машин (увеличение «этажности») с одновременной установкой новых разделительных элементов;

3-й этап (1965—1978). Замена разделительных элементов на более совершенные;

4-й этап (1976—1985). На этом этапе разработана новая конструкция делителя. Для диффузионных машин ОК-30 был принят вариант с делителями в семь ярусов. Одновременно была произведена рассверловка трубных досок делителя для установки большего количества разделительных элементов.

Большая работа была проделана по совершенствованию конструкции подшипниковых узлов компрессоров диффузионных машин, узлов подачи смазки, а также совершенствованию системы ППР, что привело к увеличению

ресурса работы машин в 2—3 раза по сравнению с проектной.

В результате модернизации оборудования производительность диффузионного завода возросла почти в 2 раза по сравнению с проектной без увеличения количества потребляемой энергии и без увеличения производственных площадей. Была достигнута исключительно высокая эксплуатационная надежность и долговечность. Уникальное диффузионное оборудование отработало около четверти века, находясь при непрерывной эксплуатации в удовлетворительном состоянии.

За участие в комплексе научных исследований, проектно-конструкторских и технологических работ по совершенствованию газодиффузионного способа разделения изотопов урана, обеспечивших за счет проведения модернизации и повышения эксплуатационной надежности гаодиффузионных машин (без централизованных капитальных вложений) существенный рост объемов производства работникам комбината Ю.В. Тихомолу, В.П. Шопену, В.Ф. Новокшенову, Л.П. Шабалкину в 1983 г. присуждена премия Совета Министров СССР.

Проведение модернизации оборудования позволило увеличить выпуск обогащенного урана и тем самым обеспечить потребность его в ядерной энергетике страны и в странах СЭВ.

С 1962 по 1985 г. была осуществлена реконструкция завода по производству сырьевого гексафторида урана с заменой морально устаревших технологий и оборудования. В основу производства гексафторида урана была положена разработанная на комбинате универсальная комплексная аппаратурно-технологическая схема прямого высокотемпературного фторирования широкого спектра уранового сырья (тетрафторид, оксиды). Вместо горизонтальных фтораторов были разработаны и внедрены высокопроизводительные факельные реакторы с водяным охлаждением. Эти аппараты по своему конструктивному исполнению и производительности превышали все известные аналоги. Электролизеры для производства фтора 10 кА были заменены на электролизеры разработанных конструкций 20 и 50 кА. Вместо скребковых десублиматоров были применены конденсационно-испарительные теплообменники с тепловым сбросом, созданы и внедрены аппараты для улавливания ценных компо-

нентов на исходном сырье из отходящих газов и хвостовая сорбционная система. В 80-х годах ФРГ отказала в поставке фторида калия и на заводе было налажено его производство. Существенным усовершенствованиям подверглось производство фтористого водорода. Внедрена комплексная технология переработки всех видов отходов и оборотов сублиматного и диффузионного производств. Разработка новых технологических процессов и оборудования по производству гексафторида урана, фтора и фтористого водорода была выполнена на высоком техническом уровне и защищена авторскими свидетельствами. Было создано принципиально новое производство гексафторида урана, не имевшее аналогов за рубежом и получившее высокую оценку зарубежных специалистов. Производство гексафторида урана перекрыло проектную мощность в 5 раз. По объему выпуска гексафторида урана завод вышел на первое место в мире.

Большой вклад в строительство, пуск и реконструкцию сублиматного завода внесли специалисты и руководители завода: доктор техн. наук Ф.И. Косинцев, кандидаты техн. наук М.В. Сапожников, Г.А. Сергеев, В.Н. Корючкин, а также В.В. Вильянов, Ю.И. Овчинников, А.А. Новосадов, А.А. Матвеев, Г.Г. Дылдин, В.А. Львов, П.М. Голованов, К.Л. Иванов, В.П. Черепанов, Г.С. Мерентаев и многие другие.

В 1986 г. за разработку и внедрение новой технологии фторного и гексафторидного производства В.Н. Корючкину, В.П. Черепанову, В.А. Львову была присуждена Государственная премия.

В 1991 г. премия Совета Министров СССР была присуждена И.М. Ванину, А.А. Матвееву, М.В. Сапожникову за разработку и промышленное освоение высокоэффективной, малоотходной технологии получения высококачественного фтористого водорода для нужд ядерной энергетики из низкосортных труднообогащаемых флюоритовых руд.

В 1966 г. на комбинате началось освоение вычислительной техники. В 1971 г. был создан отдел по разработке проектов автоматизированных систем управления производством и лабораторий технических средств, а затем в 1974 г. на базе их образован информационно-вычислительный центр комбината. Началось интенсивное использование и внедрение вы-

числительной техники для централизованного автоматизированного управления производственными процессами газодиффузионного и сублиматного заводов.

Комплекс мероприятий по техническому перевооружению обеспечил рост экономической эффективности производства в 1987 г. по отношению к 1965 г. по основным показателям в 2—3 раза.

В 1966 г. комбинат был награжден Орденом Трудового Красного Знамени. В 1967 г. производственный персонал комбината составлял 7407 чел., в 1985 г. — 5864 чел. По мере дальнейшего развития комбината рост численности работающих не имел тенденции к резкому возрастанию.

С 1985 по 1994 г. директором комбината был доктор техн. наук Ю.В. Тихомолов, главным инженером — В.П. Шопен, до этого работавший директором газодиффузионного завода.

В период становления комбината, освоения и внедрения новой техники шел интенсивный рост профессионального мастерства и зрелости кадров. К середине 80-х годов на комбинате начался процесс смены поколений. К управлению производством на разных уровнях пришли молодые, энергичные специалисты, накопившие достаточный опыт и знания, проявившие хорошие организаторские способности и умение руководить коллективом. Большая часть из них — это молодые специалисты, продвигающиеся в процессе своей деятельности по должностным ступеням на производстве. Среди них В.И. Дрождин, В.П. Шопен, М.В. Сапожников, С.М. Кошелев, В.А. Львов, Г.С. Кондобаев, В.А. Парамонов, П.М. Зарецкий, В.С. Меньшов, Г.Л. Корзун, Г.В. Ермаков, В.М. Юрочкин, Р.Л. Рабинович, А.А. Матвеев, В.В. Денисевич, В.Л. Коган и др.

В конце 1994 г. директором комбината был назначен В.П. Шопен. Главным инженером комбината стал канд. техн. наук М.В. Сапожников, работавший ранее заместителем главного инженера. На должность заместителя главного инженера был выдвинут директор газодиффузионного завода С.М. Кошелев. Преемственность в руководстве комбината была основным принципом кадровой политики.

Строительство и пуск комбината были результатом целеустремленного, самоотверженного труда специалистов, рабочих и служащих. Они были осуществлены в рекордно короткий

срок. Вместе со строительством промышленных объектов достаточно гармонично развивалась и социальная сфера. Жилой район для работников комбината и объекты социально-культурного назначения формировались на отведенной комбинату территории в пределах развития г. Ангарска. В ноябре 1957 г. были сданы первые три жилых дома, в 1958 г. заселено еще 16 домов. Жилой район стал частью г. Ангарска. Жилая площадь сегодня составляет 634 000 м². В жилом районе построены школы, детские учреждения, предприятия торговли, сангородок, поликлиника, три молодежных комплекса с индивидуальными квартирами. В 1967 г. введен ДК «Современник» — один из лучших дворцов культуры в области. Зимний стадион с искусственным льдом на 10 000 мест — единственный в области. Имеются спортивные павильоны и плавательный бассейн, горнолыжная трасса, пионерлагерь, профилакторий, база отдыха. Построен водно-спортивный комплекс с искусственным водоемом, который стал местом отдыха всех жителей города.

Создание в Восточной Сибири в 50—60-е годы крупнейшего комбината по переработке урана решало не только проблему обеспечения атомной промышленности страны обогащенным ураном, но и способствовало развитию производительных сил Иркутской обл., экономическому и социальному подъему всего сибирского региона.

4. ПЕРЕХОД К НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ УРАНА И СОЗДАНИЕ КОНВЕРСИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Прекращение использования обогащенного урана для военных целей в 80-х годах обусловило переключение разделительных заводов на ядерную энергетику и внедрение новых более экономичных методов обогащения урана при сокращении объемов его производства.

Газодиффузионный завод комбината был остановлен, оборудование частично демонтировано. В 1982 г. было утверждено техническое задание на разработку корпусов № 1 и 2 под центрифужное производство. В 1984 г. начаты строительные работы по реконструкции корпуса № 1 и началась подготовка к освоению технологии обогащения урана с помощью газовых центрифуг. Первые два блока газовых центрифуг были пущены в декабре 1990 г., а в

январе 1991 г. Государственная комиссия приняла в эксплуатацию первый пусковой комплекс нового производства.

В 80-х годах началась внешнеэкономическая деятельность комбината, которая в настоящее время развивается. Выход комбината на международный рынок обогащенного урана обусловил переход к международным стандартам в части затаривания и транспортировки продукции. В 1993—1995 гг. была спроектирована, изготовлена и введена в эксплуатацию «Установка перелива», обеспечивающая перелив обогащенного гексафторида урана в жидком состоянии в контейнеры, соответствующие международным требованиям к транспортировке.

Международные связи охватывают как торговые соглашения, так и научно-техническое сотрудничество с зарубежными странами. Непосредственными торговыми партнерами комбината сегодня являются Южная Корея, КНР, Финляндия, которым комбинат поставляет обогащенный уран.

Научно-техническое сотрудничество комбината осуществляется с США, Германией, КНР. Работники комбината в рамках ВПО «Зарубежатоэнергострой» участвуют в сооружении газоцентрифужного завода в КНР в качестве технических руководителей и консультантов, осуществляют обучение китайских специалистов и эксплуатационного персонала, разработку технической документации, курирование и проведение пуско-наладочных работ.

Конверсия оборонных отраслей существенным образом коснулась производственно-хозяйственной деятельности комбината. Объем выпуска основной продукции сократился в 5 раз. Рост цен на энергетические и материально-технические ресурсы и государственная монополия на цены и рынки сбыта урановой продукции остро поставили вопросы выживаемости комбината. Специфика технологий и оборудования комбината не позволяли перейти на выпуск другой продукции без коренной реконструкции, связанной с демонтажем оборудования, дезактивацией помещений и требующей значительных капитальных вложений. На комбинате стали создаваться следующие направления конверсии:

на базе фторного производства — освоение выпуска особо чистой плавиковой кислоты, фторорганических соединений (трифторме-

тансульфонфторида, озонобезопасных фреонов (хладонов), поликарбонфторидов;

на базе ремонтно-механического завода — изготовление оборудования для переработки молочной продукции (маслоизготовители, пастеризатор).

Происшедшая на Чернобыльской АЭС авария вскрыла дефицит продукции, необходимой для проведения дозиметрического контроля персонала и населения, для радиационного мониторинга окружающей среды. В 1967 г. Совет Министров СССР принял постановление о создании на базе комбината приборного завода по разработке и серийному

производству детекторов ядерных излучений нового поколения и приборов на их основе. В настоящее время разработку новых технологий и продукции осуществляет в составе комбината специальное конструкторское технологическое бюро. На комбинате изготавливаются автоматизированные комплексы индивидуально-дозиметрического контроля, которые успешно эксплуатируются на ряде АЭС России и СНГ. Изготавливаются также профессиональные дозиметры гамма-излучения, особо чистые фториды лития, бария, кальция, лантана, оптические и сцинтилляционные монокристаллы фторидов.

Химико-металлургический завод (ХМЗ), г. Красноярск

Г. А. Ворогушин

Завод (первоначальное название предприятия п/я 298) был создан на основании Постановления Совета Министров СССР от 17 марта 1956 г. за № 353-225 на базе строящегося подрядным способом Химико-металлургического завода Главредмета Министерства цветной металлургии.

В состав завода входило:

управление в количестве девяти человек во главе с директором завода Х. Л. Либенштейном; строящийся опытно-промышленный цех (цех № 1);

строящаяся котельная;

складское хозяйство временного типа;

необходимый железнодорожный и автомобильный транспорт;

водоснабжение и другие сантехнические сооружения, электроснабжение;

пожарно-вахтерская охрана.

Переориентация маломощной строительной организации Министерства цветной металлургии на организацию Министерства среднего машиностроения с мощной строительной базой военных строителей «Сибхимстрой» сразу позволила повысить темпы строительства.

В основу производственного цикла для извлечения лития из сподуменовых концентратов, была принята известковая схема — единственная технология, обеспечивающая получение гидроксида лития из рудного сырья.

Сущность известкового метода заключается в спекании сподуменового концентрата с известняком в трубчатых вращающихся печах с последующим водным выщелачиванием спека в присутствии гидроксида кальция. При этом литий переходит в раствор в виде гидроксида, который затем выделяется из упаренных растворов.

Твердые отходы (кеки после фильтрации) подвергаются обжигу и совместному помолу с природным гипсом с целью получения белито-алюминатного цемента.

Жидкие отходы (отвальные маточные растворы), содержащие в основном щелочи калия

и натрия до 300 г/л, направляются на экстракционное извлечение лития и возвращение его в основную технологию; углекислые растворы рубидия и цезия — на дальнейшее получение высокочистых металлов и извлечение галлия марки 99,9999.

Многолетние усилия коллектива завода и научно-исследовательских организаций, направленные на усовершенствование известковой технологии, сделали ее комплексной и практически безотходной.

РАЗВИТИЕ ЛИТИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

В декабре 1956 г. был осуществлен запуск строящегося опытно-промышленного цеха № 1.

Запуск осуществлялся на импортном сырье ручной рудоразработки, поставленном из Китайской Народной Республики. В качестве вспомогательного сырья (флюса) использовался известняк Торгашинского месторождения.

В течение 1957 г. был проведен ряд мероприятий по совершенствованию схемы и улучшению технологического процесса, замене части оборудования на более совершенное, что позволило резко увеличить извлечение лития в готовый продукт. В результате за год производительность цеха по выпуску готовой продукции возросла в несколько раз.

В июне 1959 г. в цехе № 1 были проведены промышленные испытания по переработке отечественных сподуменовых концентратов Завитинского месторождения. Испытания проводились на действующей технологической схеме для переработки штучного концентрата.

В ходе промышленных испытаний были отработаны основные пути повышения извлечения лития в готовый продукт:

повышение вскрытия при спекании за счет улучшения качества шихтования компонентов (сподуменовый концентрат — известняк);

повышение извлечения в раствор при выщелачивании за счет увеличения степени измель-

чения спеков и улучшения схемы промывки шламов;

снижение потерь с пылеуносом, перевод печей на питание отжатой шихтой, установки более эффективных пылеуловителей;

доизвлечение лития из отвальных маточных растворов.

В опытном цехе проводились также работы по созданию технологий переработки отходов основного производства:

на белитоалюминатный цемент;

извлечение из отходов основного производства (маточных растворов) металлов рублидия, цезия и галлия.

В освоении технологии, реконструкции схемы, отработке технологических параметров при переработке отечественного сырья активное участие принимали молодые руководители цеха:

технолог цеха Д. М. Черток (работает с 02.02.57, впоследствии начальник ПТО завода, с 1982 г. заместитель главного инженера, в настоящее время работает ведущим инженером ПТО по стандартизации);

механик цеха А. И. Гудков (работает с 25.09.56, впоследствии механик завода, с 13.08.81 — заместитель директора завода по общим вопросам);

начальник смены цеха С. В. Мончинский (работает с 02.03.57, впоследствии начальник смены основного производства в цехе № 2, технолог цеха, начальник цеха № 2, с 04.03.85 — заместитель главного инженера по ТБ и ОТ);

И. А. Зайцев работал на заводе с 05.03.57 мастером цеха № 1, с 06.01.61 начальник цеха № 1, с 01.03.63 начальник цеха № 3.

По окончании строительства основного цеха № 2 до производству гидроксида лития, опытно-промышленный цех № 1, как единица промышленного выпуска гидроксида утратил свое значение и был переведен в категорию опытного цеха.

ПУСК И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЦЕХА № 2

Строительство основного производства гидроксида лития (цех № 2, основные корпуса 101 и 102) осуществлено на основании проектного задания, утвержденного Б. Л. Ванниковым от 26.04.56.

Строительство первой очереди и подготовка к запуску были выполнены к августу 1958 г.

Запуск первой очереди проводился на импортном концентрате поставки КНР.

В период пуска и освоения технологии были успешно решены многие вопросы по усовершенствованию производства, в том числе:

1) практически доработаны узлы разгрузки концентрата и приготовления шихты;

2) произведена замена футеровки горячей зоны печи с высокоглиноземистого кирпича на хромомagneзитовый огнеупорный.

Преждевременная замена кирпича была вызвана тем обстоятельством, что высокоглиноземистый кирпич оказался нестойким к химическому воздействию шихты и быстро разрушился;

3) полностью заменено оборудование узла гашения спека. Щековая дробилка на дроблении спека и классификатор на гашении дробленного спека были заменены на единый аппарат — барабанный гаситель, который работает по настоящее время;

4) решены вопросы технического порядка на выщелачивании, фильтрации и отмывке отвальных шламов;

5) улучшен ряд узлов в процессе выпарки, кристаллизации и получения соли гидроксида лития.

Первое плановое задание по выпуску продукции завод выполнил в декабре 1958 г.

В октябре 1960 г. цех № 2 перешел на переработку отечественного сырья — сподуменовых концентратов Завитинского месторождения, на которых работает до настоящего времени.

Формирование коллектива основного производства цеха № 2 можно отнести к периоду 1957 г. Формирующийся коллектив аппаратчиков, слесарей, электриков и ИТР принимал активное участие в строительстве и монтаже основного оборудования, проводил подготовку производства к запуску.

В ходе курирования строительства и монтажа оборудования ИТР цеха вносили необходимые изменения в проектную документацию. Активное участие в этих работах принимали:

В. И. Зайцев (с 28.03.57 г. мастер, с 08.07.57 начальник отделения №1, с 06.07.65 технолог цеха № 2, с 01.10.92 инженер-технолог цеха № 2); А.Ф. Щербаков (с 10.04.57 технолог цеха № 2, с 05.11.58 начальник цеха и с 14.12.63 заместитель директора завода по общим вопросам);

Р. А. Бубякин (с 21.11.57 начальник смены,

с 25.10.61 заместитель начальника ПТО, в настоящее время ведущий инженер ПТО;

Г. А. Ворогушин (с 02.12.57 начальник отделения № 3 цеха № 2, с 10.04.58 начальник ПТО, с 14.07.60 главный инженер, с 26.03.65 по настоящее время директор завода);

Н. П. Квитко (с 26.07.58 мастер цеха, с 19.06.64 начальник отделения № 2 цеха и с 01.10.73 по настоящее время начальник опытного цеха № 1);

И. М. Кузнецов (с 11.09.58 мастер цеха, с 27.02.60 начальник смены цеха, с 29.05.64 технолог цементного цеха № 3, с 31.12.66 технолог цеха № 2, с 06.07.86 ведущий инженер ПТО по подготовке кадров);

Ю. А. Белокрылов (техник-металлург по образованию — закончил Норильский горно-металлургический техникум, был принят на завод 07.03.59 в качестве аппаратчика цеха № 2, с 09.05.59 старший аппаратчик, с 09.02.60 мастер цеха № 2, с 15.11.61 начальник смены цеха № 2, 15.04.63 по настоящее время начальник ОТК. За время работы начальником ОТК завода внес большой вклад в дело становления и создания системы технологического контроля завода;

Л. А. Лопатина (05.02.57 была принята на завод инженером-конструктором ОГМ, с 26.03.59 старший инженер-конструктор проектно-конструкторского отдела, с 01.10.73 до настоящего времени начальник ПТО завода.

ПУСК И ОСВОЕНИЕ ЦЕМЕНТНОГО ЦЕХА № 3

В 1960 г. в опытном цехе № 1 были проведены производственные опыты по обжигу шлама — отходов известковой схемы литиевого производства, с целью получения самостоятельного вяжущего при совместном помоле клинкера с гипсом.

В результате данной работа были выданы технические условия на производство цемента и задание на проектирование цеха.

Проектные работы были выполнены Новосибирским отделением ВНИПИЭТ в 1961—1962 гг. Строительство цеха было закончено в декабре 1964 г.

В 1965—1967 гг. была полностью освоена технология получения белитоалюминатного цемента марки «200».

В силу своих специфических свойств быстрохватывающегося, быстротвердеющего це-

мента и хорошо работающего с древесными отходами без применения пластификатора (как в случае с применением портландцемента), он нашел основное применение в поточном производстве теплоизоляционных фибролитовых плит, производстве сантехкабин и мелких строительных блоков.

В 1964 г. в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР от 06.04.63 и проектным заданием, утвержденным первым заместителем министра А.М.Чуриным от 15.08.63, на предприятии в 1964 г. была начата реконструкция основного производства и вспомогательных объектов.

В период с 1965 по 1970 г. была смонтирована дополнительная обжиговая печь, трубчатые мельницы помола сырья и спека, новый машинный зал РВН (вакуум-насосов для фильтрации), здание 200 со шламбассейнами, капитальный склад сырья (сподуменового концентрата) в виде цементных силосов и мазутная станция. В этот же период было закончено строительство горного цеха по добыче флюсовых известняков и горный цех № 4 по добыче и дроблению флюсовых известняков вышел на проектную мощность. В этом же цехе было создано производство извести.

Начальником горного цеха № 4 02.08.61 был назначен горный инженер К.М. Афоничев, который проработал начальником цеха до 29.11.84, в настоящее время на пенсии.

За 10-летний период работы завода (с 1957 по 1967 г.) выпуск гидроксида лития вырос и превысил проектную мощность. Соответственно возрос выпуск белитоалюминатного цемента и превысил проектные показатели. Была внедрена комплексная схема переработки отвалных маточных растворов с выделением лития и возвращением его в основной процесс, извлечением и получением металлов рубидия и цезия. Проведены научно-исследовательские работы по экстракции рубидия и цезия.

В настоящее время литий, рубидий и цезий извлекаются из маточных растворов экстракционным методом.

За «создание производства по переработке металлургических отходов с выпуском белитоалюминатного цемента, обеспечивающее внедрение безотходной технологии на основном производстве» в 1983 г. группе работников завода была присуждена премия Совета Министров СССР:

А. И. Артюхову — старшему аппаратчику;

Г. А. Ворогушину — директору завода;
Д. М. Чертоку — заместителю главного инженера;

А. И. Гудкову — заместителю директора по общим вопросам;

Е. Г. Задову — начальнику НИЛ;

И. М. Кузнецову — технологу цеха № 3;

В. А. Мосину — бывшему мастеру цеха № 3, ныне заместителю директора по кадрам;

Л. С. Федоренко — начальнику лаборатории по цементу;

А. Н. Маршаленко — старшему аппаратчику.

В 1989 г. решением Главного комитета ВДНХ СССР предприятие награждено Дипломом I степени и группа работников награждена медалями ВДНХ «За разработку и внедрение новой техники по получению высокочистых металлов рубидия, цезия и галлия»:

Н. П. Квитко — начальник цеха № 1, золотая медаль;

В. А. Родионова — аппаратчик, серебряная медаль;

Д. М. Черток — начальник ПГО, серебряная медаль;

В. А. Асауленко — аппаратчик, бронзовая медаль;

Ф. В. Гераськин — инженер-конструктор, бронзовая медаль;

Р. А. Бубякин — заместитель начальника ПТО, бронзовая медаль;

А. И. Гильдебрандт — мастер цеха № 1, бронзовая медаль;

П. Н. Клементьев — инженер по технической эстетике, бронзовая медаль.

ЖИЛИЩНОЕ И СОЦКУЛЬТУРНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

В течение всего периода деятельности завода ведется интенсивное жилищное строительство. Построено и введено в эксплуатацию 180 тыс. м² жилья.

Введено восемь детских дошкольных учреждений на 910 мест, что позволило обеспечить всех имеющихся дошкольных детей местами в яслях и садах.

Достроена детская дача на 300 мест для летнего отдыха детей дошкольного возраста, пионерский лагерь на 320 мест и лагерь для детской спортивной школы на 100 мест, музыкальная школа на 70 учащихся, база ОРС и сеть магазинов и столовых.

В 1961 г. введен в эксплуатацию Дворец

культуры им. В. В. Маяковского, в настоящее время здание передано Театру юного зрителя.

В 1962 г. построена и введена в эксплуатацию ТЭЦ. Велось интенсивное строительство разных объектов для нужд города.

Построены школа на 880 учащихся, здание Кировского райкома и райисполкома, теплотрасса под транссибирской железнодорожной магистралью, водозаборные сооружения на острове «Отдых» с дюкером через Абаканскую протоку, трамвайные пути от Предметной площади до остановки «Заводская» с тяговой подстанцией, ряд насосных и канализационных станций, дорога завод — коммунальный мост, инженерные и кабельные сети и многие другие объекты.

Период 80-х годов характеризуется устойчивой стабильностью работы всех отдельных производств по выпуску готовой продукции.

Кроме того:

при проведении научно-исследовательских работ с институтами ГИПХ, ГрозНИИ и др., было создано производство по получению синтетических гранулированных цеолитов NaA без связующих веществ;

создано производство по получению металлического лития марки ЛЭ-1 и карбоната лития для нужд народного хозяйства;

отработана технология получения строительных блоков размером 200×200×400 на основе белитоалюминатного цемента и древесных отходов (опилок) местных деревообрабатывающих предприятий;

на местном комбинате строительных конструкций на базе белитоалюминатного цемента, выпускаемого заводом, созданы две поточные линии по производству санитарно-технических кабин и вентиляционных коробов для жилищного строительства;

разработана технология и создано производство по регенерации натрий-литиевого электролита для местного электровозагоноремонтного предприятия (ЭВРЗ);

начаты работы по созданию магнезиальных и переклазовых порошков для нужд черной металлургии;

начаты комплексные научно-исследовательские работы по переработке бедных забалансовых руд Завитинского месторождения с созданием серно-кислотной схемы и получения различных солей лития;

по опыту цементных заводов начаты работы по созданию схемы сухой подачи шихты в пе-

чи спекания, что должно значительно снизить энергоемкость производства и существенно повысить производительность основных агрегатов литиевого производства — трубчатых вращающихся печей;

производство по выпуску белитоалюминатного цемента обеспечило цементом 16 фибролитовых производств Сибири и Дальнего Востока, жилищное строительство Красноярского края по выпуску венткоробов и сантехкабин, края потребителей по производству медких строительных блоков и другие нужды.

За последнее десятилетие на заводе выросло новое поколение грамотных и инициативных руководителей производства:

в 1980 г. на завод приказом до Министерства был назначен на должность главного инженера Л.Д. Проскуряков, который отдал развитию завода шесть лет и был переведен 01.12.86 в 3-е Главное управление на должность главного инженера Главка. В настоящее время Л.Д. Проскуряков является Генеральным директором АО «Концерн ТВЭЛ»;

22.12.86 на должность главного инженера — заместителя директора завода был назначен молодой технолог цеха № 2 Д.М. Ковязин, на завод был зачислен мастером цеха № 2 25.05.77;

заместителем главного инженера — началь-

ником ПТО 01.11.90 назначен Н. Г. Чумаков, на заводе начал работать мастером цеха № 2 с 02.11.78;

А. К. Никулин был принят на завод 07.07.75 мастером ремонтно-механического цеха № 5. За 14 лет работы вырос до заместителя главного инженера — главного механика завода;

А. В. Лобанов после окончания Томского политехнического института 18.10.77 был принят мастером цеха № 10, в настоящее время работает заместителем начальника ПТО;

Г. Б. Крылов поступил на завод 05.04.84, с 16.06.92 работает начальником цеха № 2 основного литиевого производства;

В. А. Гробов на заводе начал работать с 15.01.80. В настоящее время работает заместителем начальника цеха № 2 по производству (технолог цеха);

А.Н. Земсков — начальник горного цеха № 4 с 18.12.89, на завод поступил работать мастером цеха № 4 01.10.82.

Развитие событий 1991 г. и последующих лет, повсеместный спад производства, потеря деловых связей с потребителями стран СНГ, тяжелое финансовое положение поставщика сырья Забайкальского Горно-обогатительного комбината и как следствие — резкое сокращение поставок сырья создали трудности в работе завода.

Кирово-Чепецкий химический комбинат

А. К. Денисов

Необходимость создания ядерного потенциала советского государства назрела уже в годы Великой Отечественной войны, а после того, как Соединенные Штаты Америки испытали первую атомную бомбу и в августе 1945 г. произвели бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, эта проблема приобрела особую остроту. Для ее решения нужны были новые технологии и материалы, предстояло спроектировать и построить десятки предприятий, создавалась — и в очень короткие сроки — новая отрасль промышленности.

Один из заводов для переработки урановой руды было решено разместить в Кировской обл., в 1,5 км от р. Вятки, при впадении в нее главного притока — Чепцы. К тому времени там уже был небольшой химический Завод № 752, строительство которого началось до войны, в 1938 г.). Первоначально планировалось получать фосфор и диаммоний фосфат, но профиль завода неоднократно менялся. В годы войны на нем было налажено производство боеприпасов, карбида кальция, работала печь обжига известняка, имелась хлорная установка. В 1945 г. производство боеприпасов было свернуто, и судьба так и недостроенного завода на какое-то время повисла в воздухе.

Поворотным пунктом явилось постановление правительства СССР от 30 сентября и изданный в связи с ним приказ министра химической промышленности от 8 октября 1946 г., который предписывал организовать на Заводе № 752 — а фактически создать вновь — производственные мощности для выпуска химической продукции на основе фтора и хлора. В дальнейшем ее спектр постоянно расширялся, но сначала — и в первую очередь — речь шла о гексафториде урана. Такое решение подкреплялось тем, что на заводе уже была промышленная площадка и кое-какая строительная база, имелись подъездные железнодорожные пути, механическая и электромастерская, строился рабочий поселок Кирово-Чепецкий. На

расстоянии 200 м от промплощадки располагалась ТЭЦ-3, которая первый промышленный ток дала осенью 1942 г. Наконец, на заводе были кадры, имевшие представление о химическом производстве. И хотя работа предстояла очень сложная и масштабная, начиналась она все же не на пустом месте.

В июне 1947 г. директором завода был назначен Я.Ф. Терещенко (1907—1975), с именем которого неразрывно связано не только становление и развитие крупного современного предприятия, но также строительство и расцвет г. Кирово-Чепецка. На Вятку он приехал из Кемерово, где работал директором химического Завода № 510. За его плечами был уже большой опыт работы на разных предприятиях. Выходец с Брянщины, из крестьянской семьи, он в 1933 г. окончил Ленинградский химико-технологический институт, затем работал на заводах в Ленинграде, Москве, Кинешме, снова в Москве, но уже начальником цеха на заводе «Акрихин», участвовал в строительстве комбинатов «Оргстекло» и «Капролактан» в Дзержинске, завода химикатов в Киеве, а с 1941 г. работал в Кемерово.

Директором Кирово-Чепецкого химзавода Я.Ф. Терещенко был на протяжении 27 лет и, уйдя в 1974 г. на заслуженный отдых, оставил после себя добрую, светлую память. Он был прекрасным организатором, требовательным и настойчивым. Все, что он ни делал, он делал прежде всего для людей. На промплощадке возводились корпуса, осваивались новые про-



Терещенко
Яков Филимонович

изводства, а в городе появлялись улицы и кварталы жилых домов, строились школы, детские сады, магазины, дворец культуры, спортивные сооружения, больничный городок. Министерство не всегда одобряло инициативы директора, но он умел настоять на своем.

Два ордена Ленина, три — Трудового Красного Знамени, орден Октябрьской Революции, звание лауреата Ленинской премии, медали — все это заслуженные трудом и весомые награды, знаки признания заслуг перед Отечеством. И не менее весомый знак признания — благодарная людская память, имя, увековеченное в названии городской улицы, протянувшейся по высокому берегу Вятки. Но завод и город еще предстояло построить, а тогда, в конце сороковых, все только начиналось. Предприятие строилось на болотистом месте, грунтовые воды находились на глубине 20—30 см, в некоторых местах выходили на поверхность, что создавало дополнительные трудности, которых и без того было в изобилии: нехватка стройматериалов, жилья, транспорта, отсутствие благоустроенных дорог, острая необходимость в квалифицированных кадрах.

Тем не менее, уже в ноябре-декабре 1947 г. начался и в течение 1948 г. продолжался ввод в строй вспомогательных объектов — ремонтно-строительного и ремонтно-механического цехов, служб водоснабжения и контрольно-измерительных приборов, электроцеха, производство холода и кислорода, т. е. всего того, без чего невозможен пуск основных цехов.

Технология строящегося производства была апробирована в третьем, опытном, цехе завода «Рулон» (ныне «Оргстекло») в г. Дзержинске Горьковской обл. Выполненные там работы в области технологии получения безводного фтористого водорода, фтора, гексафторида урана, перфторированных смазок и жидкостей легли в основу проектов первых цехов нового завода, а специалисты, которые на заводе «Рулон» занимались этими проблемами — Б. П. Зверев, В. Н. Эльский, А. И. Соловьев, В. А. Назаров, Н. Г. Киселев и др. — были командированы в Кирово-Чепецк.

С наращиванием объемов и темпов строительства росла численность завода, он втягивал в свою орбиту все больше и больше людей. Если в 1947 г. на нем работало не более 700 человек, то концу 1948 г. численный состав вырос до 1285. После окончания институтов и технику-

мов сюда были направлены А. Л. Гольдинов, А. И. Хлопков, Г. М. Бурдыгина, Л. В. Сушицева, Л. И. Князьков, В. А. Жуков, И. Н. Колесниченко, Г. Ф. Романов, Е. А. Бровкин и многие другие, кто вместе со специалистами, приехавшими из Дзержинска, строили, создавали новый завод и оставили яркий след в его истории.

В связи с этим нельзя не вспомнить о Б. П. Звереве (1915—1966). Он родился, и вырос в Тульской обл., работал на Московском экспериментальном заводе. В 1939 г. его перевели в Дзержинск на завод «Рулон» начальником производственно-технического отдела. Затем он был назначен главным инженером. Уже работая на «Рулоне», он заочно окончил в 1944 г. Московский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева.

Б. П. Зверев был по-настоящему творческим человеком, требовательным, часто жестким, но предельно справедливым, с упорством и энергией шел к поставленной цели. Он сплотил вокруг себя коллектив единомышленников, которому было по плечу решение сложнейших задач.

С 1946 г. на заводе «Рулон» при непосредственном участии Б. П. Зверева впервые в СССР начали получать безводный фтористый водород, фторорганические соединения: хладоны 12 и 11, гексафторид урана, перфторированные смазки, т. е. те продукты, производство которых предстояло создать в промышленных масштабах. В 1949 г. Б. П. Зверев был ко-



Зверев
Борис Петрович



Эльский Владимир
Никандрович

мандирован в качестве технического руководителя пусковых работ на Кирово-Чепецкий химический завод, стал вскоре его главным инженером, и с этим предприятием связана вся его дальнейшая жизнь.

Первого мая 1949 г. в строй действующих вступил цех № 1, где производились безводный фтористый водород и плавиковая кислота, а два месяца спустя — 1 июля — выдал продукцию и второй цех. Четвертого февраля 1950 г. Я.Ф. Терещенко выступал на совещании в Первом Главном Управлении Минхимпрома с отчетом о «ходе пуска и освоения основных технологических цехов завода и подготовки к вступлению в нормальную эксплуатацию».

Так впервые в стране начался промышленный выпуск гексафторида урана, который направлялся затем на другие предприятия для дальнейшей переработки.

Но поскольку производство было новым, опыта его эксплуатации не существовало, вскоре после пуска выявились недостатки и просчеты проекта. В цехе фтористого водорода, например, трубопроводы и аппараты корродировали часто выходили из строя, плохой была герметизация печей, использование моногидрата серной кислоты приводило к образованию в печах сгустков, которые в просторечьи с горькой иронией прозвали «козлами», потому что их приходилось удалять вручную, и это было очень трудоемким делом. Не была также предусмотрена утилизация отвала.

Специалисты завода сумели исправить ошибки проекта и существенно улучшить технологию. Из отходов — кремнефтористоводородной кислоты — стали получать «белую сажу»: синтетический диоксид кремния в виде очень мелких кристаллов, который в качестве наполнителя используется для получения светлых каучуков и резин. Постепенно приручили «козлов», улучшили герметизацию печей, научились бороться с коррозией, для чего была создана специальная служба, а в 1951 г. в составе завода появился антикоррозионный цех.

Возникли сложности и с сырьем для производства гексафторида — тетрафторидом урана, которого не было в достаточном количестве. Но к тому времени на предприятиях ядерной отрасли уже появились отходы отработанного уранового топлива, в частности, в виде закиси-оксида урана, и возникла проблема их пере-

работки. Тогда на Кирово-Чепецком химзаводе было организовано, сначала в небольшом корпусе, гидрофторирование закиси-оксида урана с получением смеси тетрафторида и оксифторида. Такая смесь была эквивалентной заменой тетрафторида урана в технологическом процессе. Впоследствии из этого производства вырос отдельный крупный цех, который был построен и запущен в эксплуатацию к февралю 1954 г.

Интересная подробность: уже через полгода в этом цехе началась реконструкция, но не потому, что его технология была так уж плоха и несовершенна, а потому, что если Б.П. Зверев видел возможность улучшения, совершенствования — это претворялось в жизнь энергично и стремительно. В результате производительность цеха увеличилась в 2 раза при том же числе рабочих и был снят вопрос о строительстве дополнительных мощностей.

Таким образом, в конце 40-х и начале 50-х годов в Кирово-Чепецке было создано первое в стране промышленное производство гексафторида урана и продуктов для его получения: тетрафторида, фтористого водорода, фтора. Завод, который начали строить еще перед войной, обрел наконец свою славную судьбу, став предприятием с передовой технологией.

Реконструкции цехов, которые, как правило, проходили параллельно с плановым выпуском продукции, стали постоянно действующим фактором и прочно вошли в традиции Кирово-Чепецкого химического завода. За 15 лет — с 1951 по 1966 г. — производство фтористых соединений урана изменилось коренным образом. Был разработан и внедрен метод трехстадийного фторирования и проведения каждой стадии в оптимальном режиме, который в то время стал общепринятым, а также способ улавливания фтора и гексафторида, что позволило сократить потери и возвращать фтор и уран в технологический цикл. Ежегодный прирост объема производства составлял в среднем более 30%, производительность труда выросла в 51 раз и в 7 раз удалось снизить себестоимость продукции. В 1972—1973 гг. был разработан и внедрен, тоже впервые в стране, способ ректификации гексафторида урана под давлением, что дало возможность получать особо чистый продукт, который соответствовал требованиям технологии разделительных производств.

Кроме специалистов, которые уже были названы, нельзя не назвать В. Ф. Цветкова, Б.Н. Абакумова, В.А. Иванова, Ю.В. Свирелина, Ф.И. Новоселова, В.С. Симоненко, которые многое сделали для становления и развития производства гексафторида урана.

На заводе «Рулон», как уже говорилось, была разработана технология изготовления перфорированных смазок и жидкостей, устойчивых в агрессивных средах и потому необходимых для машин, разделяющих изотопы урана, и в августе 1946 г. была получена первая пробирка смазки УПИ. Эта работа в 1951 г. удостоилась Государственной премии СССР. В числе лауреатов были Б.П. Зверев, В.Н. Эльский, А.И. Соловьев. Потребность в такой продукции возрастала, и в 1964—1966 гг. силами Кирово-Чепецкого химзавода был спроецирован и введен в эксплуатацию еще один цех, в котором было налажено производство перфорированных смазок.

К началу 50-х годов, когда развернулись работы по созданию водородной бомбы, относится становление еще одного производства в комплексе отечественной ядерной промышленности. В третьем квартале 1952 г. на Кирово-Чепецком заводе была включена в эксплуатацию первая в стране опытно-промышленная установка для получения изотопа лития. В основе технологии лежал метод разделения изотопов, разработанный в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ) под руководством Б.П. Константинова, впоследствии академика и вице-президента Академии наук СССР.

Строго говоря, это производство не совсем соответствовало профилю предприятия. Но, во-первых, оно вообще создавалось впервые, а коллектив завода всегда выступал первопроходцем в новых областях промышленной химии. А во-вторых, главный инженер Зверев не был бы Зверевым, если бы не взялся за решение сложной, интересной задачи.

Характерной особенностью и традицией Ленинградского физтеха было то, что его ученые работали непосредственно на промышленных предприятиях. Это позволяло быстрее внедрять в производство новые разработки, минуя отраслевые институты. В Кирово-Чепецке Б.П. Константинов бывал часто и не мог не оценить, насколько быстро и творчески реализуются на заводе самые свежие и даже дерзкие

идеи: то, что он обсуждал с главным инженером и специалистами при встрече, к следующему его приезду, через 1,5—2 месяца, оказывалось воплощенным и уже работало.

Б.П. Зверева и Б.П. Константинова связывали общность интересов, одержимость и целеустремленность, искренняя дружба. Они были талантливыми людьми, быстро находили общий язык, их плодотворное сотрудничество — ученого и инженера, а также коллективов, которые за ними стояли, дало конкретные результаты, значение которых трудно переоценить. И закономерно, что в 1970 г., когда оба они, к сожалению, уже ушли из жизни, Кирово-Чепецкому химическому заводу, а впоследствии комбинату, было присвоено имя академика Б.П. Константинова.

Каскад для получения изотопа лития изначально состоял из множества ступеней, что вело к большому расходу энергетических ресурсов, требовало много аппаратуры и обширных производственных площадей. К тому же были слишком велики потери продукта.

Завод и ЛФТИ провели исследования и вышли на идею проведения многоступенчатого процесса в одном аппарате. Она была реализована, а опыт эксплуатации показал, что этот метод в 10—12 раз эффективнее первоначального, уменьшает затраты электроэнергии и себестоимость продукции. Дальнейшие работы позволили еще более повысить эффективность процесса.

Проблема, как всегда, решалась в комплексе. Для практического внедрения нового метода потребовались надежные средства транспортировки лития и противоточного раствора от одного аппарата к другому. Выбор был остановлен на насосе объемного действия, и тогда с участием работников ЛФТИ на заводе разработали конструкцию, а затем изготовили винтовой насос, полностью соответствующий требованиям нового производства.

На основе метода, разработанного совместными усилиями ЛФТИ и завода, был построен и во втором квартале 1958 г. включен в эксплуатацию крупный цех. Процесс совершенствования на этом не остановился, и в середине 60-х годов проектные показатели были многократно перекрыты. И это при постоянном снижении себестоимости продукции. В 1960 г. на заводе было пущено промышленное производство дейтерида лития: одного из компонен-

тов водородной бомбы. В итоге отечественная атомная промышленность получила в достаточном количестве дешевое и высококачественное сырье. В дальнейшем этот метод был использован на других предприятиях.

Важность и значение для обороноспособности страны и дальнейшего развития ядерной индустрии работ, связанных с промышленным получением изотопа лития, подтверждаются тем, что в 1953 г. они были отмечены Государственной, а в 1957 г. — Ленинской премиями. Лауреатами последней стали Б.П. Константинов, Б.П. Зверев, Я.Ф. Терещенко, В.Н. Эльский. Непосредственное участие в этих работах принимали В.М. Воронков, который стал начальником цеха, С.В. Михайлов, руководивший экспериментальной механической лабораторией, и другие, потому что большое и сложное дело реализуется усилиями многих людей: от рабочего до руководителя.

Организация промышленного производства фтористого водорода и фтора на Кирово-Чепецком химическом заводе явилась основой для создания новой отрасли химической индустрии, вырабатывающей фторорганические соединения: перфторуглеродные смазки и жидкости, о которых уже говорилось, хладоны, мономеры, фторопласты, фторэластомеры. Эти материалы обладают комплексом ценных свойств, они термостойки, устойчивы в самых агрессивных средах и используются не только в атомной промышленности. Химия, электротехника и электроника, авиация, ракетная и космическая техника, машиностроение и другие отрасли сегодня не могут нормально развиваться без них. Диапазон их применения практически безграничен — от бытовых нужд (например, сковородки и кастрюли с антипригарным покрытием) до самых современных образцов техники — луноходы, орбитальные станции и многое другое. В кадрах хроники афганской войны можно видеть как боевые вертолеты то и дело отстреливают в стороны патроны с дымным следом, которые уводят от цели самонаводящиеся ракеты. Это тоже фторопласты, одна из сторон их многогранного применения.

А начиналось все на Кирово-Чепецком химзаводе. Осенью 1949 г. вышло постановление Совета Министров СССР «Об организации производства домашних холодильников» и 14 сентября министр химической промышленно-

сти М.Г. Первухин издал приказ: «Построить и ввести в действие к 1 июля 1952 г. на заводе цех по производству хладона 12 и полупродуктов для него». Такой цех был пущен уже в ноябре 1951 г. До получения фторопласта предстояло пройти дистанцию длиной в пятилетку, а пока здесь выпускали хладоны 12 и 11. Позднее из отходов производства стали получать хладон 114В2 (бромхладон), эффективный при тушении пожаров. Первая партия фторопласта-4 была получена летом 1956 г. по технологии, разработанной Ленинградским научно-исследовательским институтом полимеризационных пластмасс (ныне ПО «Пластполимер»). В 50-е годы с этим институтом, как и со многими научными центрами страны, у завода установились тесные деловые связи, которые поддерживаются и по сей день.

Исходным сырьем в производстве фторполимеров является хлороформ. Он поступал со стороны в ограниченном количестве и к тому же не соответствовал требованиям, обеспечивающим выпуск высококачественного фторопласта. Эту проблему также пришлось решать своими силами. В том же 1956 г. вошло в строй производство хлороформа, а годом раньше — хлорный цех, где было освоено получение жидкого и газообразного хлора, соляной кислоты и каустической соды.

Хлорный цех, сырьем для которого служит поваренная соль, в соответствии с проектом был оснащен отечественными электролизерами, рассчитанными на нагрузку 12 кА и не обладающими высокой производительностью. Проектно-конструкторский отдел завода вместе с ЛФТИ разработал и сконструировал новый мощный электролизер на 100 кА с вертикальным разлагателем. Его устройство имело ряд особенностей, которые выгодно отличали его от других аналогичных конструкций и обеспечивали более высокие технико-экономические показатели. В 1961 г. комиссия под председательством академика Б.П. Константинова утвердила новый хлорный электролизер Р-20 для промышленной эксплуатации. Началась реконструкция цеха, и в начале 1965 г. он был полностью оснащен новыми электролизерами, которые, кстати, завод не только разработал, но и изготовил. Ртутные преобразователи тока были заменены полупроводниковыми. Позднее электролизный зал был оснащен еще более мощными аппаратами

с металлическими анодами, которые также разработаны и изготовлены своими силами.

Хлорный цех стал лучшим в стране среди аналогичных производств, даже среди работающих на оборудовании французской фирмы «Кребс» и итальянской «Де-Нора», считающихся его ведущими мировыми производителями. В Кирово-Чепецке были выше уровень рентабельности и качество. Именно каустик стал первым из выпускаемых заводом продуктов, который уже в 1972 г. был аттестован на государственный Знак качества.

Хлор, который вырабатывался в этом цехе, использовался в производстве хлороформа. Сначала процесс был таким: получали гипохлорид кальция, обрабатывали им спирт и в результате получался хлороформ. В начале 60-х годов по разработкам, проведенным заводской лабораторией совместно с ГИПХ, была внедрена иная, более прогрессивная технология: хлорированием спирта получали хлораль, затем расщепляли его известковым молоком. Сырьем служил пищевой спирт, так как считалось, что на синтетическом процесс вести опасно и нецелесообразно из-за его токсичности, меньшей концентрации и содержащихся в нем примесей, от которых тогда не умели избавляться. Специалисты завода и цеха опровергли это мнение, разработав и внедрив новую технологию, и на практике доказали, что хлорирование синтетического спирта тоже можно вести безопасно и качественно. За десятилетие производственные мощности возросли в 20 раз. В итоге были решены вопросы качества хлороформа и его количества, что дало возможность получать фторопласты более высокого качества, и многие существовавшие до этого проблемы были сняты.

Таким образом, после организации комплекса цехов хлорной группы, в развитие которых большой вклад внесли Г.М. Бурдыгина, Г.М. Бурин, Ю.К. Лунтовский, В.Н. Сокольский и др., на заводе появилась прочная сырьевая основа для фторорганического синтеза. Производство фторопласта начиналось в реакторах-полимеризаторах вместимостью 30 л. Затем перешли на однокубовые и, наконец, освоили трехкубовые реакторы. Это был не только количественный рост, но прежде всего — качественный, потому что увеличение объемов требовало новых технологических решений.

В 1961 г. был создан и освоен в промышлен-

ной эксплуатации комплекс по выпуску фторсополимеров и фторкаучуков, куда входило несколько цехов. В течение 1956—1966 гг. на заводе был выполнен большой объем опытно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, которые позволили коренным образом усовершенствовать технологические процессы. Один пример: разработка и внедрение конструкции печи двухстадийного пиролиза хладона 22, где вместо кварцевых были применены нихромовые трубки, позволили увеличить мощность узла пиролиза в 20 раз. Затем был внедрен пиролиз с водяным паром, процесс пошел более «мягко», меньше стало отходов.

Кирово-Чепецкий химический комбинат и сегодня остается ведущим, а по целому ряду продуктов — единственным в стране производителем фторопластов и фторкаучуков, удовлетворяя потребность в них атомной и других отраслей промышленности. Здесь выпускаются десятки видов и марок фторсополимеров, суспензий, латексов, фторкаучуков. Есть цех переработки фторопластов, где из них делают изоляционные и уплотнительные ленты и жгуты, трубы, насосы, сосуды и реакторы, лабораторную посуду, выпускают заготовки в виде втулок, брусков, стержней. Всех, кто осваивал производство продуктов фторорганического синтеза, назвать невозможно. Среди них К.З. Ерлыкова и А.И. Масляков, Ю.В. Шальнов и И.М. Уткина, Е.М. Соколов и С.Е. Лейферов, В.А. Новиков. Это результат труда и усилий сотен людей, которые в профессиональном отношении росли вместе с заводом, становясь опытными, зрелыми специалистами, руководителями производства, квалифицированными рабочими, такими, например, как лауреаты Государственной премии СССР аппаратчики В.В. Трушков и В.М. Ходырев.

Вспомним, что первым в 1949 г. на Кирово-Чепецком химзаводе был запущен в эксплуата-



Шальнов
Юрий Васильевич

цию цех, где получали безводный фтористый водород, фтор и плавиковую кислоту. На этой базе стало возможным производство гексафторида урана, затем — перфторированных смазок и жидкостей и, наконец, появился комплекс цехов фторорганического синтеза. Другими словами, фторная линия развития предприятия использовалась комплексно и с максимально возможным практическим результатом.

В этом контексте следует добавить, что биологическая инертность фторполимеров в сочетании с накопленным на заводе опытом их переработки позволили решить задачу создания отечественных искусственных клапанов сердца человека. Работы были начаты по инициативе известного хирурга, академика АМН Б.В. Петровского и проводились под непосредственным руководством Б.П. Зверева. На химзаводе не только была разработана в экспериментальной мастерской конструкция искусственных клапанов, но и налажено их серийное производство. Они применяются в клиниках страны с 1963 г. Только шаровых клапанов первого поколения было выпущено и передано медикам более 60 тыс.

С 1976 г. выпускаются дисковые клапаны «ЛИКС-2», а с 1986 г. — двустворчатые «Карбоникс-1». Эти две модели выполнены на уровне изобретений. Достоинства клапанов «Карбоникс» подтверждены исследованиями, проведенными Шеффилдским университетом в Великобритании, а также в Германии. Он запатентован в США и Японии, имеет европейский патент. Клапаны «Карбоникс» вышли на мировой рынок и сегодня имплантируются пациентам не только в России и СНГ, но и в 13 странах Европы, Америки, Азии.

Разработчики искусственных клапанов сердца Ю.А. Перимов, В.М. Картошкин и другие стали в 1984 г. лауреатами Государственной премии. А за разработку, освоение серийного производства и внедрение в клиническую практику клапана «ЛИКС-2» группе работников предприятия, в том числе В. Ф. Удальцову и В. П. Мутных была присуждена премия Совета Министров СССР за 1988 г.

Продолжая медицинскую тему, надо отметить разработку — и снова на уровне изобретений — комплекса аппаратуры для вспомогательного и искусственного кровообращения, безосевого универсального коленного сустава,

устройств для химрадиофармацевтики, первого действующего макета сердца в ранцевом исполнении «Герц-02».

В 1965 г., также на фторорганической основе, было создано производство медицинского препарата — трифтазина, а в апреле следующего года выдана его первая партия. Трифтазин является успокаивающим средством, применяется для снятия нервных напряжений, стрессов. Первые его партии использовались при ликвидации последствий ташкентского землетрясения, которое произошло в 1966 г.

Одновременно шло развитие и по другой линии: строилась, создавалась группа хлорных цехов. Помимо того, что они выдавали нужную для народного хозяйства товарную продукцию, они еще обеспечивали фторорганическое производство качественным сырьем и в достаточном количестве. Появление в составе завода хлорного производства послужило также базой для организации выпуска трихлорацетата натрия — гербицида ТХАН, который является химическим средством защиты растений и наиболее эффективен на посевах льна и сахарной свеклы. Для получения гербицида ТХАН необходим хлораль в большом количестве, поэтому специалисты завода разработали и внедрили процесс хлорирования синтетического спирта вместо пищевого, что было значительно дешевле.

Технология сначала была тщательно отработана на опытной установке. Предварительная отработка технологии — также одна из традиций завода. Проекты и разработки, выполненные «на стороне», внимательно изучались главным инженером, специалистами, проверялись в лабораториях, обкатывались на специально создаваемых для этого опытных установках и лишь затем внедрялись в производство. При необходимости представители завода выезжали на другие предприятия, если там имелись аналогичные или похожие производства, чтобы изучить накопленный опыт. Благодаря этому удавалось избежать многих просчетов и ошибок, быстро налаживать производство, осваивать проектные мощности и даже перекрывать их.

В январе 1966 г. в составе завода уже работал крупный цех, выпускающий гербицид ТХАН. С этого момента Кирово-Чепецкий химический завод начал выпускать продукцию не только для промышленности, но и для

сельского хозяйства, и вскоре в его биографии начался новый этап развития. В начале 70-х годов по распоряжению Совета Министров СССР в Кирово-Чепецке началось строительство крупнейшего производства минеральных удобрений, которое призвано было решить проблемы сельского хозяйства Нечерноземья. Двадцать седьмого декабря 1973 г. на новой промышленной площадке строители забили первую сваю.

В 1974 г. Я.Ф. Терещенко, который возглавлял завод на протяжении 27 лет, вышел на за-



Романов
Евгений Иванович

служенный отдых, и директором предприятия стал Е.И. Романов (1931—1982), приехавший на завод молодым специалистом еще в 1954 г. Он прошел школу Б.П. Зверева, участвовал в пуске, освоении и совершенствовании многих производств, вырос до руководителя крупного современного предприятия.

12 января 1978 г. химзавод был реорганизован в Кирово-Чепецкий химический

комбинат, в составе которого образовались четыре завода: объединивший технологические цехи на так называемой старой площадке завод полимеров, директором которого стал А.И. Масляков; строящийся завод минеральных удобрений, о нем речь впереди; ремонтно-механический и ремонтно-строительный заводы.

В апреле 1978 г. на ЗМУ был сдан в эксплуатацию первый, а в июле — второй шаровые резервуары вместимостью по 2 тыс. м³ для хранения выработанного жидкого аммиака. Но его собственное производство еще только строилось, поэтому какое-то время надо было работать на привозном, и в сентябре в хранилища начали принимать аммиак из железнодорожных цистерн. В августе того же года была получена первая тонна химочищенной воды, необходимой для производства азотной кислоты, которая является основным компонентом в производстве минеральных удобрений.

Первая партия кирово-чепецкой азотной кислоты была получена 26 октября 1978 г., при 38-градусном морозе. А в декабре, когда морозы усилились до 56 °С и другие аналогичные производства на европейской части территории страны останавливались из-за небывалых холодов, было пушено производство аммиачной селитры.

Пуско-наладочные работы на заводе минеральных удобрений возглавляли заместитель главного инженера комбината Ф.И. Новоселов и В.В. Уткин, сначала главный инженер ЗМУ, а с 1979 г. и по настоящее время его директор. Еще в январе 1977 г. на строящийся завод для организации пусковых работ был переведен Н.Д. Логинов, который затем стал его главным инженером. Из действующих цехов завода полимеров перешли многие рабочие и опытные специалисты — Ю.В. Свирелин, А.А. Савенков, И.С. Наконечный, В.Д. Логинов, Г.А. Молодцов, В.А. Сеземин, Ю.В. Панкратов, Г.М. Галуцкий и многие другие. Они принесли с собой традиции зверевской школы. Поэтому, рассказывая о заводе минеральных удобрений, тоже часто приходится употреблять слово «впервые». В цехе водоподготовки была смонтирована и запущена в эксплуатацию первая в Советском Союзе установка получения обессоленной воды методом непрерывной сорбции. Она демонстрировалась на ВДНХ, была признана очень перспективной и удостоилась золотой медали.

Фосфорно-серноокислотная добавка в аммиачную селитру была заменена азотнокислотной магниальной, для чего был использован шлам со стадии осветления воды в цехе водоподготовки. Результат: устранен такой дефект, как слеживаемость аммиачной селитры, и стала возможной ее перевозка и хранение бестарным способом, т. е. насыпью. Освоена технология получения пористой селитры, которая пользуется у потребителей повышенным спросом. В 1980 г., через 2 года после выпуска первой партии, сделанная в Кирово-Чепецке аммиачная селитра была аттестована по высшей категории качества и признана лучшей в стране. В настоящее время она поставляется на экспорт и успешно завоевывает мировой рынок.

Это лишь малая часть из обширного перечня работ, выполненных на ЗМУ для совершенствования технологии, что позволило в короткие сроки освоить проектные мощности и вы-

пускать продукцию только высокого качества. Уже в первой половине 80-х годов на молодой завод поехали за опытом специалисты других предприятий. В марте-апреле 1983 г., например, на ЗМУ работала школа-семинар по теме «Опыт эксплуатации Кирово-Чепецким химкомбинатом крупнотоннажного агрегата АС-72 по производству аммиачной селитры», где отмечалась большая и успешная работа специалистов и рабочих комбината по достижению проектной мощности и внедрение новых технических решений. И это всего через 4 года после пуска агрегата.

В 1977 г. в Ленинграде на Невском заводе имени В.И. Ленина был изготовлен первый отечественный компрессор синтез-газа с приводом от паровой турбины для крупнотоннажного агрегата аммиака производительностью 1360 т в сутки. Он был смонтирован на ЗМУ Кирово-Чепецкого химкомбината в 1981 г., после чего начались пробные пуски для его опробования, отработки режимов, выявления и устранения недостатков. Это была сложная работа, потребовавшая больших усилий, активного творческого поиска. Достаточно сказать, что трижды была полностью реконструирована маслосистема компрессора. Доводилась, настраивалась и в результате была полностью заменена система КИПиА агрегата, первоначально разработанная и изготовленная Киевским институтом автоматики. Смонтирована и настроена разработанная на комбинате противопожарная защита компрессора. Одновременно с этим проводились тепловые, гидродинамические, вибрационные, прочностные испытания головного образца компрессора.

Восемнадцатого марта 1982 г. был получен первый аммиак, а 28 сентября агрегат вышел на проектную мощность. Таким образом, впервые в СССР был испытан и внедрен в производство отечественный компрессор синтез-газа для крупнотоннажного агрегата аммиака, путевку в жизнь которому дали кирово-чепецкие химики. Два года спустя на комбинате вошло в строй второе производство аммиака с японским компрессором синтез-газа. И в марте 1984 г. на агрегате АМ-76 получили первую партию продукта, а в октябре, на три месяца раньше нормативного срока, он вышел на проектную мощность.

В 1982 г. трагический случай оборвал жизнь Е.И. Романова, и вскоре директором Кирово-

Чепецкого химического комбината был назначен А.К. Денисов, работавший до этого директором азотно-тукового завода на Прикаспийском горно-металлургическом комбинате в г. Шевченко Мангышлакской обл. Казахстана. Опытный, знающий инженер и руководитель, он сыграл большую роль в завершении строительства завода минеральных удобрений и в дальнейшей судьбе химкомбината.



Денисов
Анатолий Кузьмич

Параллельно с монтажными и пуско-наладочными работами, которые велись на ЗМУ, на старой промплощадке, в составе завода полимеров строился и готовился к пуску еще один цех, связанный с производством фтористых соединений урана. Его появление обусловлено целым рядом причин. К 80-м годам на разделительных предприятиях накопилось большое количество отвального, не содержащего изотопа урана-235, гексафторида, которому не находилось применения. В то же время, у оборонной промышленности возникла потребность в нерадиоактивном металлическом уране, получить который можно, переработав сначала обедненный гексафторид в тетрафторид, а затем уже из него по определенной технологии извлекать уран.

К решению проблемы были привлечены многие предприятия, в том числе и Кирово-Чепецкий химкомбинат. Производство гексафторида на нем к этому времени было свернуто, так как потребность в такой продукции заметно снизилась, но оставался большой опыт работы с фтористыми соединениями урана. К тому же при переводе гексафторида в тетрафторид высвобождается фтор, который надо каким-то образом использовать, а на комбинате есть мощное производство фторорганических продуктов.

К декабрю 1985 г. такой цех был построен и пущен в эксплуатацию. Тетрафторид урана, но уже без изотопа-235, направлялся на другие предприятия. А фтор, получаемый в техноло-

гическом процессе, применялся для фторирования перхлорэтилена с тем, чтобы получать хладоны 112 и 113. В дальнейшем в этом цехе были проведены опыты и организовано производство хладона 122А. Он является прекрасным заменителем хладону 12, который широко используется в холодильных агрегатах.

Сейчас хладон 12 выпускается на предприятиях Перми, Волгограда, других городов, а впервые в стране его производство начиналось в Кирово-Чепецке. Но впоследствии выяснилось, что он разрушающе действует на озоновый слой земной атмосферы. Это серьезная проблема, которая стоит перед всем мировым сообществом. По Монреальской конвенции к 2000 г. выпуск озоноразрушающих хладонов должен быть прекращен, поэтому начался и ведется активный поиск заменителей. Одним из не опасных для атмосферного озонового слоя как раз и является хладон 122А, полученный на химкомбинате.

В середине 80-х годов пуско-наладочный период на заводе минеральных удобрений вступил в завершающую фазу: близились к концу строительно-монтажные работы, шла подготовка к запуску в эксплуатацию производства сложных минеральных удобрений — нитроаммофосфата. Первоначальный проект предусматривал вскрытие сырья — апатита — принятым повсеместно серноокислотным способом. В этом случае на ЗМУ образовывалось бы ежегодно около 1,5 т отвала в виде сульфата кальция с многочисленными примесями. Такая технология комбинат устроить, естественно, не могла. Поэтому центральная заводская лаборатория во главе с доктором техн. наук проф. А.Л. Гольдиным провела научно-исследовательские работы и разработала, сначала в лабораторном варианте, технологию получения нитроаммофосфата с вскрытием сырья не серной, а азотной кислотой, что давало возможность комплексной утилизации всех содержащихся в апатите компонентов.

Технология оригинальная, в нашей стране ее прежде не было, не видно подобной технологии и в других странах. Но большое производство невозможно воспроизвести на лабораторных данных. Поэтому на заводе полимеров, в цехе гербицидов, была сначала создана опытная установка. Это потребовало больших затрат, но они окупились сторицей. К тому же эта установка стала школой кадров: работав-

шие на ней приобретали практический опыт, осваивали нюансы технологии, что в период пуска, освоения и эксплуатации производства имело огромное значение. Через нее прошли также главный инженер завода Н.Д. Логинов, его заместитель В.А. Сеземин, начальники цехов П.В. Киселевич, Б.П. Афанасенко, многие другие специалисты.

Тринадцатого ноября 1985 г. в шесть часов утра были получены первые тонны нитроаммофосфата — впервые по безотходной технологии. В пришедшей в тот же день телетайпограмме за подписью министра среднего машиностроения Е.П. Славского, который неоднократно приезжал на строительство ЗМУ и внимательно следил за ходом работ, говорилось: «Сердечно поздравляем коллективы строителей, механомонтажников, электромонтажников, наладчиков, проектировщиков, а также всех участников строительства сложнейшего комплекса по производству нитроаммофоса на Кирово-Чепецком комбинате с получением готового продукта. Выражаем уверенность, что коллективы эксплуатационников, строительно-монтажных организаций приложат максимум усилий для завершения работ, ввода в эксплуатацию в текущем году этого важнейшего народно-хозяйственного комплекса по производству сложных минеральных удобрений.»

С января 1986 г. производство нитроаммофосфата работало уже на план. В процессе эксплуатации была достигнута мощность до 800 тыс. т в год. Компоненты, выделяемые из апатита при его переработке по азотнокислотной технологии, используются практически полностью. На основе кальция освоен выпуск различных видов мела — чистого, очищенного — в зависимости от запросов потребителей. В канун 1988 г. впервые в нашей стране при переработке апатита на удобрения был получен карбонат стронция, который применяется для изготовления стекол кинескопов цветных телевизоров. Разработана технология извлечения солей редкоземельных элементов, но она пока не реализована из-за отсутствия потребителей. На опытной установке отработан способ получения на основе азотнофосфорных растворов одного из компонентов зубных паст — дигидратдикальций фосфата, который в России пока не выпускается. Создана и промышленная установка с годовой производительностью 2 тыс. т с использованием в каче-

стве сырья еще одного побочного продукта — кремнефтористоводородной кислоты, освоено производство фторида кальция мощностью 15 тыс. т в год.

Фторид кальция, кстати, поступает на завод полимеров в качестве сырья для цеха, производящего фтористый водород. Круг замкнулся. Самый молодой их технологических цехов комбината вырабатывает продукцию для цеха, с которого начинался Кирово-Чепецкий химический завод.

Прошедшее 50-летие было заполнено напряженной, по-настоящему творческой работой всего коллектива предприятия. Это не преувеличение: все, что ни делалось на заводе, опережало свое время. Так было с производствами гексафторида урана и изотопа лития, которые были не просто получены впервые в СССР (хотя уже только это было само по себе серьезным достижением), но их технология многократно и коренным образом совершенствовалась, что позволяло наращивать объемы выпуска продукции и добиваться ее высокого качества, снижая при этом затраты и себестоимость. То же самое происходило и с производством фторсополимеров, которое и сегодня во многом остается уникальным и к которому американская фирма «Дюпон», выпускающая аналогичную продукцию, относится с вниманием, видя в нем равноправного партнера и серьезного конкурента на мировом рынке. Хлорное производство, усовершенствованное заводскими специалистами и рабочими, стало лучшим в стране. Сложные минеральные удобрения, в отличие от всех других подобных производств, выпускаются по безотходной технологии.

Новые разработки, которые в разные годы были выполнены и внедрены на Кирово-Чепецком химическом комбинате, сделаны в основном на уровне изобретений. За период с 1952 по 1995 гг. подано более 1000 заявок на изобретения, по 666 из них приняты положительные решения и выданы авторские свидетельства и патенты. Творческая база, если так можно выразиться, закладывалась с первых же лет и развивалась в двух направлениях: с одной стороны — это тесное деловое сотрудничество с академическими и отраслевыми научно-исследовательскими институтами, с другой — создание собственного творческого потенциала.

Первые руководители завода Я.Ф. Терещенко и Б.П. Зверев, которые по складу характера бы-

ли разными людьми, но прекрасно дополняли друг друга, четко понимали и знали, что для достижения настоящего успеха в современном промышленном производстве необходимо опираться на самые передовые, самые последние достижения науки и техники использовать при этом не только то, что открыто и сделано другими, но самим, силами завода устремлять научную, инженерную мысль вперед, чтобы быть на острие прогресса.

Обычно конструкторские бюро и научно-исследовательские институты стремятся создать при себе или заполучить производственную базу для реализации своих идей и разработок. Это можно проследить хотя бы на примере авиационных и других КБ. В Кирово-Чепецке же была реализована иная, прямо противоположная схема: в составе промышленного предприятия была создана своя научная, конструкторская и экспериментальная база.

Лаборатория, существовавшая на заводе еще в военные годы и выполнявшая вспомогательные функции, в конце 40-х годов начала меняться в качественном отношении и трансформировалась в исследовательский и научный центр, который сегодня работает на уровне отраслевого НИИ. На счету центральной заводской лаборатории десятки и сотни разработанных технологий, новых методик контроля и анализа, внедренных в производственную практику. На комбинате работают семнадцать кандидатов и два доктора наук. Главный инженер завода полимеров В.Ю. Захаров, работавший в ЦЗЛ, стал членом-корреспондентом Российской Академии естественных наук. На протяжении многих лет ЦЗЛ возглавлял проф. А.Л. Гольдинов. Сейчас во главе лаборатории стоят О.Б. Абрамов, А.Н. Голубев, Л.М. Боровнев, который, например, считается в научных кругах одним из ведущих специалистов страны в области фторорганических соединений.

В 1950 г., также усилиями главного инженера и директора, был образован проектно-конструкторский отдел, который, несмотря на свое скромное название, способен выполнять комплексные проекты на крупные и сложные производства и по качеству своей работы не уступает специализированным организациям. В этом отделе выполнялись проекты для реконструкции и усовершенствования технологии всех производств комбината, были разра-

ботаны комплексные проекты нескольких цехов. В свое время проектно-конструкторский отдел возглавлял Е.И. Романов, впоследствии директор химкомбината, долгое время им руководил И.И. Бевзенко, затем на этом посту его сменил В.Г. Царьков, поступивший в отдел в 1960 г. после окончания института.

С первых лет на комбинате крепла и развивалась инженерная служба, различные вспомогательные цехи и производства. В 1955 г. в ремонтно-механическом цехе была образована экспериментальная механическая лаборатория, которую возглавил С.В. Михайлов. В круг ее задач входило решение нестандартных проблем модернизации действующего и создания нового оборудования. Она разработала, а ремонтно-механический цех изготовил ряд оригинальных образцов насосов, мельниц, газодувок, арматуры. В 60-е годы она превратилась в специальное конструкторское бюро, где создаются и серийно выпускаются искусственные клапаны сердца человека и изделия медицинской техники, и не только это, но и, например, роботизированный погрузочный комплекс для завода минеральных удобрений.

Такая тщательно и продумано созданная научно-исследовательская и конструкторская база предприятия дает возможность находить, разрабатывать новые, совершенствовать существующие технологии и производства. Радикальной реконструкции подверглись все цехи, и порой первоначальный проект, по которому они строились, менялся до неузнаваемости. Это позволяло быстро, практически на тех же площадях и при том же числе работающих наращивать производственные мощности и объемы выпуска продукции, которую завод, а потом комбинат всегда производил самого высокого качества. Такой показатель — 99,9%; почти вся товарная продукция, была аттестована на государственный Знак качества. Его отмена не отразилась на комбинате, он по-прежнему работает без рекламаций.

Постоянное совершенствование производства преследовало также и другие цели, в частности, те, что сегодня подразумеваются под экологией. Эти вопросы всегда были в центре внимания. Новые технологии, внедряемые на комбинате, были призваны, помимо интенсификации производства, обеспечить снижение опасности химических промышленных процессов для окружающей среды и нормальные

условия на рабочих местах (тогда это называлось культурой производства, и она всегда была на достаточно высоком уровне).

Совместно с Физико-химическим институтом им. Л.Я. Карпова был, например, разработан и внедрен способ очистки вентиляционных газов производства гексафторида от содержащих уран соединений, основанный на их последовательной фильтрации. Это позволило не только очистить вентиляционные газы до санитарных норм, но и получить экономию за счет улавливания урана. Значительно уменьшился расход ртути новая технология, внедренная в производстве изотопа лития.

Большое значение придавалось и придается внедрению безотходных технологий и утилизации отходов. Пример со сложными минеральными удобрениями приведен выше. В цехе хлористого кальция, который также производит химкомбинат, чистую соляную кислоту (довольно дорогой продукт) заменили в технологическом процессе на абгазную, которая является отходом в производстве хлораля.

Предприятие располагает мощными очистными сооружениями, совершенствуются способы очистки стоков. В последние годы пушена новая, более эффективная установка для очистки от ртути стоков хлорного цеха, создан участок подготовки сточных вод к глубинному захоронению. В апреле 1991 г. начал функционировать полигон подземного захоронения мощностью 2 тыс. м³ в сутки, что позволило значительно улучшить экологическую обстановку. На комбинате велась и ведется большая работа для того, чтобы сделать химическое производство более безопасным и безвредным для людей и окружающей среды.

То же можно сказать и о так называемой конверсии, о которой сегодня много рассуждают и которая осуществляется не самым лучшим образом. Дело не в том, что оборонные предприятия не хотят или не могут выпускать мирную продукцию, а в экономической политике правительства. На Кирово-Чепецком химическом комбинате этими вопросами занимались всегда. «Белая сажа», каустик, искусственные клапаны сердца, гербициды, минеральные удобрения, медицинский фетр из фторопласта-4 и многое другое, что выпускается здесь, — это ведь не что иное, как продукция гражданского назначения. В производстве перфторированных смазок получен перфтор-

декалин — «голубая кровь» — компонент для искусственной крови. Хозяйкам хорошо известна и пользуется у них успехом паста «Чистюля»: чистящее средство, выпускаемое на основе шлама цеха водоподготовки. Для этого смонтирована установка с автоматической фасовочно-упаковочной линией производительностью 1 млн. банок в год. Те же фторполимеры могут быть использованы не только в оборонной, но и — в большей степени — в других отраслях промышленности. К примеру, разработана технология получения фторлака, обладающего ценными свойствами.

Техническая политика комбината всегда преследовала одну и главную цель: сегодня работать лучше, эффективнее, чем вчера, а завтра лучше, чем сегодня, выдавая необходимую стране высококачественную продукцию. Традиции, которые позволили с первых же шагов выйти на передовые позиции современного промышленного производства и научно-технического прогресса, были заложены Б.П.Зверевым при поддержке Я.Ф.Терещенко на самых ранних этапах становления комбината. Они множились, развивались, передавались от поколения к поколению. Были установлены деловые связи со многими научно-исследовательскими институтами, с ведущими учеными страны. Кроме Б.П.Константинова, в разные годы в Кирово-Чепецк приезжали академики А.П.Александров, И.К.Кикоин, И.Л.Клуниязиц, С.И.Вольфович, А.В.Фокин, И.В.Петрянов-Соколов, члены-корреспонденты Академии наук Г.Р.Иваницкий, Б.В.Гидаспов.

После кончины Б.П.Зверева в 1966 г. на посту главного инженера его сменил В.Н.Эльский, соратник еще по заводу «Рулон». С 1977 по 1994 г. главным инженером работал Ю.В.Шальнов, который приехал на комбинат в 1952 г. и стоял у истоков производства фторопластов. В 24 года он стал начальником цеха, который первым в стране освоил выпуск хладонов, а затем фторопласта. Он отдал всю жизнь химическому производству и даже будучи секретарем парткома завода, он находил время, чтобы работать в творческих бригадах, решавших инженерные вопросы развития завода, был членом научно-технического совета. В 1985 г. за создание и внедрение новых производств фторполимеров Ю.В.Шальнов был удостоен Государственной премии СССР. Он награжден двумя орденами Трудового Красно-

го Знамени и двумя «Знак Почета». Сегодня инженерную службу химического комбината возглавляет А.С.Дедов, прошедший на предприятии путь от аппаратчика до главного инженера, не минуя работы мастером, начальником участка, технологом и руководителем цеха, отдела.

В настоящее время акционерное общество «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П.Константинова» — одно из крупнейших в России и Европе предприятий химической индустрии, на котором работают более 13 тыс. человек. В составе комбината четыре завода: полимеров, минеральных удобрений, ремонтно-механический и ремонтно-строительный, подразделения энергоснабжения, ремонта электрооборудования, средств измерения, контроля и автоматики, автомобильного, железнодорожного транспорта и другие службы и производства, обеспечивающие надежную работу сложного химического комплекса. Это уникальное по набору производств предприятие с собственной научно-исследовательской и проектной базой, выпускающее хлор и его органические соединения, каустическую соду, хлористый кальций, фтористый водород, фторорганические соединения, фторопласты и изделия из них, азотно-фосфорные и азотные удобрения. В круг интересов комбината входят разработка и изготовление новых типов оборудования и измерительных устройств, строительных материалов из нетрадиционного сырья, конструирование и серийный выпуск искусственных клапанов сердца и многое другое. Все это — продукция гарантированного качества. Достаточно сказать, что за полвека комбинат не имел ни одной рекламации и претензии по исполнению договорных обязательств.

Комбинат дал жизнь городу химиков, выросшему на красивом берегу при слиянии рек Вятки и Чепецы. Сегодня Кирово-Чепецк — это современный город с развитой социальной и культурной сферой, в котором проживают



Дедов
Алексей Сергеевич

около 100 тыс. человек. Примерно 70% жилого фонда по-прежнему находятся на балансе комбината. В городе имеются учреждения культуры, спортивные сооружения, санаторий-профилакторий, лечебная база медико-санитарной части, продолжается строительство жилых домов для своих работников. Это город с богатыми физкультурными и спортивными традициями, давший большому спорту немало прославленных имен: олимпийский чемпион биатлонист И. Бяков, чемпионы мира и Олимпийских игр хоккеисты А. Мальцев и В. Мышкин. Успешно выступают на международных соревнованиях борцы и пловцы «Олимпии» — спортивного клуба комбината.



Дудорова
Любовь Петровна



Казакوف
Анатолий Александрович

На предприятии сложился хороший, крепкий коллектив квалифицированных специалистов и рабочих, среди которых Герои Социалистического Труда аппаратчик Л. П. Дудорова и слесарь А. А. Казакوف. Двадцать четыре человека награждены орденом Ленина, 19 — орденом Октябрьской Революции, 172 — Трудового Красного Знамени. А всего орденами и медалями СССР награждены 1033 работника комбината, и трое имеют награды Российской Федерации: аппаратчик А. П. Скрябин и бригадир слесарей С. М. Трегубов удостоены ордена Почета, оператор Н. Т. Кулябин награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Последние годы химкомбинат проявляет большую активность на международном рынке, доставляя на экспорт около 70% своей продукции. Он является участником таких круп-

ных выставок, как международная выставка «Химия» в Москве и промышленная выставка в Китае в г. Шанхай (1994—1995 гг.), выставка государств Центральной и Восточной Европы в столице Австрии Вене (февраль 1995 г.), «АХЕМА-94» в Германии, во Франкфурте-на-Майне (июнь 1994 г.) и многие другие. За значительный вклад в мировой бизнес, за отличную репутацию и высокий профессионализм, продемонстрированные на престижной выставке, организация В. I. D. (Business Initiative Directions) вручила АО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Константинова» специальную награду — Международную Золотую Звезду за качество. За успешное экономическое выживание и развитие в трудных условиях зарождающихся рыночных отношений решением Международной Академии Лидеров Бизнеса и администрации АО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Константинова» удостоен награды «Факел Бирмингама».

Эти награды являются международной данью уважения к предприятию, его руководству и лично к Генеральному директору А. К. Денисову, который является академиком Российской Инженерной Академии, членом-корреспондентом Международной Инженерной Академии, имеет ученую степень доктора технических наук.

Несмотря на крайне сложное финансовое положение комбината, продолжается строительство жилья, делается все для того, чтобы работники комбината обрели уверенность в завтрашнем дне.

Такова, в очень кратком изложении, история Кирово-Чепецкого химического завода, а затем комбината им. Б. П. Константинова, награжденного в 1971 г. орденом Трудового Красного Знамени, которому в октябре 1996 г. исполнилось 50 лет. В настоящее время он, как и вся промышленность страны, переживает не лучшие времена, обусловленные экономической реформой. Но сделанное за прошедшие полвека прочно и славно вошло в историю создания ядерного потенциала страны, в ее биографию. И хочется надеяться, что впереди у коллектива комбината еще немало хорошей работы и больших достижений. Поручкой тому выработанная за десятилетия привычка не тянуться за научно-техническим прогрессом, а быть хотя бы на полшага, но впереди.

VII. ИНСТИТУТЫ И КБ, РАБОТАЮЩИЕ ПО ЦЕЛЕВЫМ ПРОГРАММАМ

Опытное конструкторское бюро «Гидропресс»

*В.Г. Федоров, М.Ф. Рогов, В.В. Стекольников, В.П. Денисов,
В.С. Степанов, В.Ф. Титов, И.Н. Тестов*

28 января 1946 г. Председателем СНК СССР И.В. Сталиным было подписано постановление об образовании Особого конструкторского бюро «Гидропресс» для разработки проектов и создания реакторных установок, оборудования и систем объектов ядерной энергетики и ядерной промышленности. Из-за строгой секретности проводимых работ по ядерной тематике ОКБ «Гидропресс» создавалось как отдел Подольского машиностроительного завода им. Орджоникидзе (ЗиО). Главным конструктором ОКБ «Гидропресс» был назначен Б.М. Шолкович. Под его руководством был сформирован первичный коллектив численностью около 30 человек. В последующие 10 лет численность возросла до 260 человек. В 1946 г. ОКБ «Гидропресс» состояло структурно из трех конструкторских групп, возглавляемых Г.В. Ермаковым, З.Г. Моделем и А.А. Хохлачевым, экспериментальной группы, возглавляемой А.Н. Погромским, и опытного цеха, которым руководил очень короткое время Айнаджан, а затем Н.Д. Голиков. Конструкторские группы размещались в двухэтажном здании около бывшей первой проходной ЗиО. К концу 1946 г. ОКБ «Гидропресс» располагало производственными площадями, разбросанными по цехам завода, в количестве 650 м².



Борис Михайлович Шолкович, начальник — главный конструктор ОКБ «Гидропресс» с 1946 по 1954 г.

Деятельность ОКБ «Гидропресс» началась с разработки проектов реакторных установок различного назначения и оборудования для них, в том числе и для создания ядерного оружия: исследовательский тяжеловодный реактор для Института теоретической и экспери-

ментальной физики (ИТЭФ), проект уран-графитового реактора, теплообменники, регенерационные и дистилляционные установки для промышленного реактора-наработчика оружейного плутония. В ОКБ «Гидропресс» были разработаны проекты экспериментальных установок для ИАЭ, ИТЭФ, ФЭИ, на которых проверялось понимание процессов, происходящих при делении ядер, и их воздействие на конструкционные материалы и охлаждающую среду, закладывались основы будущих промышленных ядерных энергоустановок. Эти работы, а также создание парогенератора для Первой в мире АЭС подтвердили наличие в ОКБ «Гидропресс» квалифицированного научно-технического потенциала, способного быстро решать проблемы новой техники.

Хронология разработки созданных установок такова.

1. Опытный тяжеловодный реактор мощностью 500 кВт для ИТЭФ (Установка № 7, так называемая «малая семерка»). Документация была разработана в 1947 г. под научным руководством академика А.И. Алиханова. Изготовление оборудования и его монтаж были осуществлены ЗиО под руководством А.А. Долгого, а в апреле 1949 г. осуществлен пуск реактора. Всем комплексом работ от ОКБ «Гидропресс» руководил Е.М. Чечик.

2. Для промышленного тяжеловодного реактора ОКБ «Гидропресс» было поручено разработать, а ЗиО изготовить основной и вспомогательный теплообменники, регенерационную и дистилляционные установки. Эти работы были завершены в 1952 г. Ведущую роль в разработке осуществляли конструкторы А.А. Хохлачев, П.Г. Володин, А.У. Липец, а в изготовлении В.А. Гуляев и Г.Н. Цветковский.

3. Исследовательский реактор «МР» мощностью 10—12 тыс. кВт для ИАЭ.

Документация на реактор и исследовательские водяную, газовую и жидкометаллическую петли под научным руководством академиком

И.В. Курчатова и А.И. Лейпунского была разработана в 1950 г.; изготовление на ЗиО закончено в 1951 г. Ведущую роль в разработке этого проекта сыграл Г.В. Ермаков, а в изготовлении и монтаже А.А. Долгий. Пуск «МР» осуществлен в 1952 г.

4. Парогенераторы, теплообменники, трубопроводы первого и второго контуров для Первой в мире АЭС в Обнинске.

Начало работ под научным руководством Д.И. Блохинцева и А.К. Красина — 1951 г. Изготовление оборудования на ЗиО — 1953 г. Пуск АЭС — 27 июня 1954 г. Значительный вклад в разработку документации внесли Л.И. Воронков, В.Е. Глот, К.П. Гусев, В.М. Скорлыгин, Л.Д. Тачкова, И.Г. Шафеев. Экспериментальное обоснование возглавляли А.Н. Погромский, Г.Ф. Липкина, И.Я. Сосенский.

5. Наземный прототип энергоустановки для подводной лодки в ФЭИ — стенд 27/ВТ.

Начало разработки техдокументации — 1952 г. Утверждение технического проекта — февраль 1955 г. Изготовление, монтаж — 1958 г. Энергетический пуск — 1959 г. Руководство разработками осуществляли научный руководитель академик АН УССР А.И. Лейпунский, главный конструктор Б.М. Шолкович, начальники отделов В.И. Акимов, В.С. Иванов, В.А. Чистяков, Н.А. Георгиевский, А.Я. Крамеров, Н.М. Симбирцев, Г.А. Тачков и др.

Уже в 1963 г. под научным руководством ФЭИ была создана и введена в эксплуатацию судовая реакторная установка, не имеющая аналогов в мире, использующая негорючий жидкометаллический сплав из свинца и висмута, обладающая исключительно высокими технико-экономическими свойствами и показателями безопасности.

Для обеспечения самостоятельности и более благоприятных условий для выполнения важнейших государственных задач в ноябре 1963 г. было принято решение об отделении ОКБ «Гидропресс» от ЗиО и преобразовании его в самостоятельное предприятие Госкомитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ). Акт об отделении ОКБ «Гидропресс» от ЗиО был подписан в марте 1964 г.

На это время численность работающих в ОКБ «Гидропресс» составляла 620 человек, производственных площадей было 4800 м², начато строительство инженерного и экспери-

ментального корпусов. При энергичной поддержке ГКАЭ, а в последующем Минсредмаша, в ОКБ «Гидропресс» была создана инженерная, экспериментальная и производственная база площадью 58 000 м², численность увеличена до 2550 человек. Установленная электрическая мощность стендов 30 000 кВт, паровой котел 50 т/ч, обратное водоснабжение 1500 м³/ч.

Деятельность ОКБ «Гидропресс» в 60-х годах была определена тремя главными направлениями работ.

ОКБ «Гидропресс» создавалось прежде всего для проведения работ, обеспечивающих вклад в укрепление обороноспособности страны, усиление военной мощи ее флота. Применение свинцово-висмутового сплава в качестве теплоносителя в ядерных реакторных установках для подводных лодок ВМФ, осуществленное ОКБ «Гидропресс» под научным руководством ФЭИ, позволило снизить массу и габариты установок и принципиально увеличить безопасность эксплуатации. Оригинальные решения и до сих пор не имеют аналогов в мире. Опыт эксплуатации подводных лодок с реакторными установками, использующими жидкометаллический теплоноситель, подтвердил перспективность этого направления разработок ОКБ «Гидропресс».

Комплекс работ по созданию не имеющих мирового аналога реакторных установок с теплоносителем свинец-висмут в 1961 и 1964 гг. был удостоен Ленинских премий.

От ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали: главный конструктор Б.М. Шолкович, ведущие специалисты В.И. Акимов, Г.А. Тачков, В.А. Чистяков, Л.Х. Парнев.

Накопленный в ходе работ над установками первого поколения опыт проектирования позволил конструкторам ОКБ «Гидропресс» уже в начале 60-х годов впервые предложить для следующего поколения реакторных установок прогрессивный принцип блочной компоновки оборудования, обеспечивший изготовление парогенерирующего блока на машиностроительном заводе и сокращение времени монтажа паропроизводящей установки на заводе-строителе атомных подводных лодок (АПЛ).

Блочные паропроизводящие установки были разработаны для серии самых скоростных и маневренных АПЛ, известных по западной классификации как класс «Альфа», под руко-



Василий Васильевич
Стекольников,
начальник — главный
конструктор ОКБ
«Гидропресс»
с 1962 по 1992 г.

водством главного конструктора В.В. Стекольников, заместителей главного конструктора Г.А. Тачкова, Е.В. Куликова под научным руководством ФЭИ и сданы в эксплуатацию в конце 70-х годов.

За успехи в создании новой техники более шестидесяти сотрудников ОКБ «Гидропресс» были награждены правительственными наградами: заместитель главного конструктора

Е.В. Куликов стал лауреатом Государственной премии, а главному конструктору-начальнику ОКБ «Гидропресс» В.В. Стекольникову присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Впереди виделись перспективы создания нового поколения реакторных установок интегральной компоновки, для которых в 80-е годы выполнен большой комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (в ОКБ «Гидропресс» создан тепловой стенд большой мощности Н-8000 для испытания оборудования, но резкое сокращение с 1990 г. оборонного госзаказа отодвинуло на неопределенное время реализацию новых конструкторских идей, а ОКБ было вынуждено искать новые области применения творческого потенциала коллектива конструкторов.

Второе направление работ ОКБ «Гидропресс» — реакторные установки ВВЭР для АЭС. Начались эти работы впервые в нашей стране в 1955 г., когда ОКБ «Гидропресс» под научным руководством И.В. Курчатова и А.П. Александрова приступило к разработке первого ВВЭР (реактора ВВЭР-210 для Нововоронежской АЭС, которая была введена в эксплуатацию в 1964 г. и успешно отработала проектный 20-летний срок службы). Практически в этот же период в ОКБ «Гидропресс» был сконструирован корпусной реактор с кипящей водой электрической мощностью 50 МВт, так называемый ВК-50, установленный в НИИАР (Димитров-

град). АЭС с ВК-50, построенная по проекту ВНИПИЭТ, вступила в строй в 1965 г.

С учетом результатов эксплуатации первых ВВЭР (ВВЭР-210, ВВЭР-70, ВВЭР-365) были созданы серии реакторов более мощных и совершенных (ВВЭР-440 и ВВЭР-1000). К настоящему времени ВВЭР успешно эксплуатируются на 56 энергоблоках АЭС России, Украины, Финляндии и ряда других зарубежных стран. К проблеме создания оборудования и систем реакторной установки ВВЭР были подключены ведущие научные и проектные организации, передовые заводы многих отраслей промышленности.

Одной из основных проблем была проблема создания специальной стали для уникального корпуса реактора диаметром около 4 м, высотой около 12 м, толщиной стенок от 100 мм до 400 мм (фланцевая часть), которая должна обладать высокой прочностью, пластичностью, теплоустойчивостью, радиационной стойкостью и рядом других свойств. Эта задача была успешно решена по заданиям и с участием ОКБ «Гидропресс» ЦНИИМС (ныне ЦНИИМ «Прометей»), Ижорским заводом. Металлургами страны была решена задача освоения производства бесшовных труб с внутренним диаметром 500 мм и толщиной стенки 25—32 мм из нержавеющей стали, холоднотянутых нержавеющей электрополированных труб для поверхностей нагрева парогенераторов длиной 12—16 м. Цветная металлургия решила проблему циркониевых сплавов для оболочек твэлов и чехловых труб ТВС активной зоны.

Были созданы исследовательские центры с экспериментальными реакторами для проведения испытаний топливных ТВС в замкнутых циркуляционных петлях при соблюдении натуральных условий по параметрам теплоносителя, скоростям и облучению. В короткие сроки были созданы средства для производства корпуса реактора, его сварки и сборки на Ижорском заводе, включая натуральный стенд испытания главного разъема корпуса с плоской крышкой толщиной 500 мм и клиновой никелевой прокладкой; производства внутрикорпусных устройств реактора, парогенераторов, трубопроводов Ду 500 мм, ГЦН, приводов СУЗ, перегрузочной машины и др.

Завершающим этапом была контрольная

сборка натурального реактора с макетами кассет и приводами СУЗ в специально построенном высотном стенде Подольского машиностроительного ЗиО.

Создание первого отечественного ВВЭР, ввод в действие на НВАЭС в 1964 г. и опыт эксплуатации имели исключительно важное значение для дальнейшего развития АЭС с ВВЭР в нашей стране и по нашим проектам за рубежом.

Необходимо отметить, что ряд основных технических решений, разработанных для первого ВВЭР, были оригинальными и стали традиционными для всех последующих поколений ВВЭР. К таким решениям относятся:

1) треугольная разбивка расположения кассет в активной зоне реактора и твэлов, и отсюда — шестигранная форма кассет;

2) использование в качестве материалов оболочек твэлов циркониевых сплавов с ниобием;

3) использование для корпусов высокопрочной легированной углеродистой стали, работоспособной в условиях больших потоков нейтронного облучения;

4) изготовление корпуса реактора из цельнокованных обечаек без продольных швов;

5) выполнение нижней части корпуса реактора, где размещается активная зона, в виде цилиндрического сосуда с эллиптическим днищем, не имеющего ни врезок типа патрубков, ни других отверстий;

6) использование в качестве опор корпуса реактора цилиндрического бурта на нижней обечайке зоны патрубков;

7) компоновка приводов СУЗ, системы температурного контроля и энерговыделения активной зоны на съемном верхнем блоке (крышке) реактора. Для первых блоков и ВВЭР-440 в качестве органов регулирования в активной зоне реактора используются подвижные кассеты с твэлами;

8) использование парогенераторов горизонтального типа с трубной решеткой в виде двух цилиндрических коллекторов;

9) применение в качестве материала теплообменных труб парогенераторов аустенитной нержавеющей стали марки ОХ18Н10Т.

Важным фактором, определившим конструкцию всех реакторов, было решение о транспортабельности всего крупногабаритного

оборудования по железным дорогам Советского Союза.

Эксплуатация I блока НВАЭС убедительно показала возможность надежной работы АЭС с ВВЭР. Опыт ремонтных работ на реакторе после 5 лет эксплуатации в связи с обрывом экрана позволил своевременно принять оптимальные решения по внутрикорпусным устройствам последующих ВВЭР. На I блоке НВАЭС был отработан организационный и технический порядок пуска наладочных работ, обеспечивающих качественную комплексную проверку оборудования и систем, вводимых в эксплуатацию.

Большой творческий вклад в создание первого ВВЭР, первых парогенераторов, ГЦН, ГЦТ, ГЗЗ, перегрузочной машины, включая расчетно-экспериментальное обоснование, внесли многие специалисты ОКБ «Гидропресс», среди которых нужно выделить следующих: А.А. Хохлачева, В.В. Стекольников, В.П. Денисова, Б.С. Язвенко, П.Н. Богдановича, В.Ф. Титова, Г.Г. Бессалова, В.Д. Шмелева, В.И. Налетова, В.П. Спасскова, А.С. Соколова, Е.М. Сорокина и др.

Успехи в создании первого ВВЭР определялись во многом научным руководителем А. П. Александровым и его ближайшими соратниками (С. М. Фейнберг, С. А. Скворцов, В. А. Сидоренко, Г. Л. Лунин, В. В. Гончаров и др.)

В создании ВВЭР для НВАЭС принимали непосредственное участие многие ведущие министерства, ведомства, предприятия и организации, которые выделяли наиболее квалифицированных специалистов для большого комплекса работ. Опыт создания ВВЭР-1 позволил ОКБ «Гидропресс» разработать в короткие сроки ряд проектов ВВЭР: ВВЭР-2 для АЭС «Райнсберг» в Германии, $N_{эл} = 70$ МВт, введен в эксплуатацию в 1966 г.; ВВЭР-3М для II блока НВАЭС, $N_{эл} = 365$ МВт, введен в 1969 г.; ВВЭР-4М (В-179) для III и IV блоков НВАЭС, $N_{эл} = 440$ МВт, введены в 1971 и 1972 гг. соответственно; ВВЭР-440 (В-230) для I и II блоков Кольской АЭС, введены в 1973 и 1974 гг. соответственно; для АЭС «Козлодуй» Болгария (четыре блока), АЭС «Норд» Германия (четыре блока), АЭС «Богунице В-1» Чехословакия (два блока), введены в эксплуатацию в период 1973—1985 гг.; ВВЭР-440 (В-

270) для I и II блоков Армянской АЭС, введены в 1976 и 1980 гг.

Все эти ВВЭР относились к первому поколению, проекты которых разрабатывались при отсутствии отечественных нормативов по безопасности АЭС по общепромышленным нормам, тем не менее наиболее ответственное оборудование реакторных установок ВВЭР выполнялось по специально разработанной нормативно-технической документации. В этих проектах закладывалось условие невозможности крупного разрыва I контура.

При разработке проекта ВВЭР-440 для Финляндии с 1970 г. были приняты требования заказчика — обеспечивать безопасную работу АЭС в случае аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода Ду 500 мм. К этому времени была начата разработка первого отечественного нормативного документа «Основные положения по обеспечению безопасности АЭС», который был утвержден в 1973 г. (ОПБ-73). Этот норматив во многом корреспондировался с аналогичными западными нормативами. Все последующие проекты ВВЭР разрабатывались по отечественным нормам безопасности и с учетом рекомендаций международных правил (МАГАТЭ).

По постановлению правительства в сентябре 1971 г. ОКБ «Гидропресс» было назначено головной конструкторской организацией по реакторным установкам ВВЭР, поэтому, начиная с проекта ВВЭР-440 (В-318) для АЭС на Кубе, и во всех последующих проектах ВВЭР ОКБ «Гидропресс» работало как главный конструктор РУ.

В создании ВВЭР-440 различных модификаций, включая разработку проектов, авторское сопровождение при изготовлении, монтаже, пусконаладке и эксплуатации, принимали активное участие многие специалисты ОКБ «Гидропресс», внесшие огромный вклад в развитие ядерной энергетики. Из них хочется отметить руководителей и ведущих проектов: В.В. Стекольников, В. П. Денисова, Н. И. Ермакова, В. Ф. Титова, В. П. Спасскова, И. Н. Тестова, А.С. Соколова, Г.Г. Бессалова, Н.Ф. Мельникова, Г.И. Бирюкова, В.П. Баклинова, В.Д. Шмелева, Г.А. Таранкова, А.Е. Быкова, Н.А. Качалина, В. И. Налетова, М. А. Лукьянова, Ю.Г. Драгунова, А. К. Кузнецова, А.С. Логвинова, Б.Н. Дранченко и др.

Многие специалисты были награждены орде-

нами и медалями нашей и зарубежных стран. Работа по созданию реакторных установок ВВЭР-440 была удостоена Государственной премии СССР. От ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали В.В. Стекольников, В.П. Денисов.

В 1969 г. в ОКБ «Гидропресс» началась разработка реакторной установки ВВЭР-1000 (В-187) для V энергоблока НВАЭС. В 1971 г. технический проект РУ был рассмотрен на НТС Минсредмаша и рекомендован для реализации. В проекте РУ В-187 впервые в нашей стране была принята компоновка с защитной герметичной оболочкой из предварительно напряженного железобетона, рассчитанной на полное давление, возникающее при максимальной проектной аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода Ду 850 мм.

При разработке первого ВВЭР — «миллионника», из-за больших габаритов корпуса реактора, парогенераторов, главных циркуляционных трубопроводов вынуждены были пойти на замену применяемых на ВВЭР-440 материалов на более прочные, позволяющие создать крупногабаритное оборудование, транспортабельное по железным дорогам, а также позволяющие уменьшить толщину стенок, что облегчало сварку на заводах и на монтаже. Оработка новых материалов, проводимая ЦНИИКМ «Прометей», ЦНИИТМ, Ижорским заводом, ОКБ «Гидропресс», ИАЭ им. Курчатова заняла несколько лет, потребовала корректировки проектов основного оборудования и сроков строительства и ввода в эксплуатацию (примерно на три года). V блок НВАЭС с ВВЭР-1000 был введен в эксплуатацию в 1980 г. Работа по созданию головного блока НВАЭС с РУ ВВЭР-1000 была удостоена Государственной премии СССР, от ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали Ю.В. Вихорев и В.П. Спассков.

Технические решения по конструкции оборудования, по системам технологической части РУ были во многом новые. Так, впервые в ВВЭР применена активная зона с «мягкими» регулируемыми органами в виде пучков (кластеров) поглотителей (12 стержней в каждом пучке).

С сохранением основных компоновочных решений РУ В-187 ОКБ «Гидропресс» были разработаны проекты РУ ВВЭР-1000 для I блока Южно-Украинской АЭС (В-302) и для II блока ЮУАЭС и I, II блоков Калининской АЭС (В-338). Модернизация реактора заклю-

чалась в уменьшении количества приводов с 109 до 49 шт. на I блоке ЮУАЭС и до 61 шт. на II блоке ЮУАЭС и I, II блоках КАЭС, были применены бесчехловые ТВС. В эксплуатацию указанные энергоблоки АЭС были введены в 1982, 1985, 1984, 1986 гг. соответственно.

В 1978 г. в ОКБ «Гидропресс» начата разработка реакторной установки ВВЭР-1000 (В-320) для большой серии АЭС. Все новые решения РУ В-320 должны были, при сохранении основных параметров по давлению и температуре при использовании серийного реактора, оптимизировать технические решения на основе накопленного опыта разработки В-187, В-302 и В-338 и обеспечить наиболее благоприятные условия использования ВВЭР-1000 для АЭС, строящихся в нашей стране и за рубежом.

В течение 1984—1994 гг. было введено в эксплуатацию 14 энергоблоков АЭС с РУ В-320. В разработку проектов В-302, В-338, В-320 внесли значительный вклад многие подразделения и специалисты ОКБ «Гидропресс», из которых следует выделить Ю. В. Вихорева, Н.А. Кирилюка, В.К. Резепова, В.Д. Шмелева, Е.Д. Демина, В.Л. Молчанова, М.А. Лукьянова, В.И. Абрамова, Н.В. Шарого, Н.С. Филя, Г.А. Таранкова, Н.А. Качалина, А.С. Логвинова, В.Г. Русьянова, Б.Н. Дранченко, С.В. Левчука.

Тяжелые аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» и Чернобыльской изменили подход к проблеме обеспечения безопасности АЭС — потребовалось качественное повышение уровня безопасности.

ОКБ «Гидропресс» выполнило большой объем работ как по программе модернизации действующих АЭС с ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, так и по разработке новых проектов РУ ВВЭР для АЭС повышенной безопасности средней ($N_{эл} = 640$ МВт) и большой ($N_{эл} = 1000$ МВт) мощности.

Проекты ВВЭР-640 и ВВЭР-1000 разрабатываются в соответствии с государственной научно-технической программой «Безопасная атомная станция», предусматривающей повышение безопасности собственно реактора за счет свойств самозащищенности, улучшение качества оборудования и проектных решений с целью снижения вероятности тяжелых аварий, повышения технико-экономических показателей и конкурентоспособности. Проекты ВВЭР-640 и ВВЭР-1000 разрабатывались с ма-

ксимальным использованием отработанных решений РУ ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 (В-320), с реализацией обширной программы НИОКР, предусматривающей также большой объем работ по проблеме за-проектных аварий, которые в пределе могут приводить к тяжелым повреждениям активной зоны.

Работы по созданию реакторной установки БОР-60 на быстрых нейтронах и одновременно парогенераторов и другого оборудования для промышленных АЭС с БН-350 и БН-600 с натриевым теплоносителем, пущенных в эксплуатацию в 1969, 1973 и 1980 гг., соответственно, явились очередным вкладом ОКБ «Гидропресс» в создание нового направления в ядерной энергетике страны, позволяющего существенно сократить потребность в уране за счет воспроизводства ядерного топлива в реакторах указанного типа. Здесь надо отметить, как несомненное достижение, разработку парогенераторов, работающих на натриевом теплоносителе, в которых недопустимы даже самые малые неплотности в трубчатке, разделяющей воду и натрий.

В процессе отработки конструкций парогенераторов для АЭС с реакторами БН стало ясно, что нельзя исключать вероятность течи воды в натрий, а парогенераторы можно и нужно делать с одностенными трубками. На этой основе был разработан для АЭС с БН-600 секционный модульный парогенератор ДГН-600. Каждый парогенератор состоит из восьми параллельно включенных секций, каждая из которых состоит из трех модулей: испарителя, основного пароперегревателя, промежуточного пароперегревателя. Таким образом, была разработана и обоснована концепция секционности и модульности парогенератора натрий-вода.

Практика подтвердила эффективность концепции; не было задержек в пуске и освоении мощности АЭС с БН-600 по причинам течи в модулях ПГ. Секционность позволяла своевременно отключать поврежденную секцию, а мо-



Валентин Григорьевич Федоров,
директор — генеральный конструктор ОКБ «Гидропресс» с 1992 г.

дульность — производить оперативную замену во время плановой остановки.

Эта концепция реализована в проекте парогенератора для АЭС с БН-800, для которого в ОКБ «Гидропресс» разработана рабочая техническая документация.

Разработка ПГАЭС с БН-800, равно как и вообще освоение мощности такого блока, по сути является решением проблемы создания энергомошностей на базе реакторов на быстрых нейтронах. Можно только сожалеть, что сооружение АЭС с БН-800 не нашло пока распространения так как накопленный опыт промышленного изготовления может исчезнуть. Известно, что в составе АЭС с реакторами типа БН парогенератор является наиболее сложным оборудованием.

При изготовлении модулей на ЗиО были применены уникальные методы контроля качества, такие, как термовакуумные испытания на герметичность и др. Большой вклад в создание проектов ПГ и оборудования для АЭС с БН внесли С.М. Благоевлин, П.Н. Богданович, В.Ф. Титов, Б.И. Лукасевич, В.М. Губанов, В.П. Денисов и др.

Наряду с тремя главными направлениями работ, по заданиям руководства министерства ОКБ «Гидропресс» разработаны конструкции теплообменников и парогенераторов для Красноярского и Томского комбинатов, для промышленных и исследовательских реакторов.

В 50-х годах было разработано большое количество теплообменных аппаратов для исследовательских реакторов ВВР, ВВР-С, МР и экспериментальных петель к ним (ПВО, ПВК, ПВУ и др.). Высокое качество проектов и изготовления (на ЗиО) дало возможность дважды продлевать ресурс теплообменников (для реакторов ИФХ им. Карпова, ЛИЯФ).

Начиная со второй половины 50-х и в течение десяти лет в ОКБ «Гидропресс» разрабатывались проекты парогенераторных установок для утилизации тепла промышленных реакторов Сибирского химического и Красноярского горно-химического комбинатов: от первых ПГ — «Иванов» производительностью пара 68 т/ч до серии ПГ типа ПГТ и ПГК-90, предвключенных ПГ производительностью 150 т/ч.

Парогенерирующие установки, кроме собственно ПГ, укомплектовывались теплообменниками-доохладителями и пароперегревателями. Был создан ПГ, в котором имелись экономай-

зерная, испарительная поверхности и встроенный пароперегреватель. Это отличнейшее решение конструкторов. Не лишне напомнить, что все создавалось впервые, в отсутствие аналогов. Многие решения требовали экспериментального обоснования, в частности, подтверждения отсутствия «запаривания» и «зависания» пара в горизонтальных тесных трубных пучках большого сечения при низком давлении генерируемого пара. Разработанные ПГ были горизонтальными — этот принцип в дальнейшем основательно обоснован и использован.

ПГ-установки для так называемой Сибирской АЭС были изготовлены на ЗиО и успешно отработали ресурс, обеспечивая выработку электроэнергии и тепла для теплоснабжения городов. Руководили разработкой главные конструкторы Г.В. Ермаков и А.А. Хохлачев.

Значительный объем работ был выполнен для реакторных установок РБМК: разработано 18 наименований специального оборудования общей массой комплекта на один реактор 1200 т, в том числе уникальные барабаны-сепараторы производительностью пара до 2200 т/ч.

Международное сотрудничество ОКБ «Гидропресс» широко развернулось в 60-е годы. В результате в странах СЭВ было построено 27 блоков с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Работы по сооружению АЭС в Финляндии означали прямой контакт с уровнем научно-технического развития передовых стран Запада. Успешный пуск в 1977 г. и эксплуатация АЭС «Ловииса» подтвердили высокий уровень работ ОКБ «Гидропресс», конкурентоспособных на международном рынке.

Одновременно со строительством АЭС в странах СЭВ при участии ОКБ «Гидропресс» там создана производственная база по изготовлению оборудования. Особо крупных масштабов это производство достигло в бывшей Чехословакии (Шкода), в Югославии (Энергоинвест).

Создание новой техники, не имеющей аналогов в мировой практике, чревато возможными, неожиданными отказами, если образцы этой техники не испытаны на штатные нагрузки на стендах до их поставки на промышленные объекты. Имевшие место отказы на разработанных ОКБ «Гидропресс» установках явились в значительной степени следствием мало-мощной экспериментальной базы, не позволя-



Первое здание ОКБ «Гидропресс», 1947 г.

ющей испытывать штатные образцы. Выполнение распоряжения Совета Министров СССР о расширении экспериментальной базы нашего предприятия на 32 000 м² с возможностью проводить испытания штатных образцов оборудования или их крупных фрагментов, к большому сожалению, растянулось на два десятилетия, а в 90-е годы практически перестало реализовываться из-за недостаточного финансирования, что недопустимо, тем более в условиях повышения требований к безопасности АЭС.

С конца 80-х годов коллектив ОКБ «Гидропресс» работает над двумя новыми проектами реакторных установок, обладающих более высокой безопасностью, так как в них применены пассивные системы отвода остаточного тепла от реактора без вмешательства операторов и без необходимости срочного включения резервных систем энергообеспечения

Эти блоки АЭС электрической мощностью 640 и 1000 МВт будут введены в строй после 2000 г. Их проекты предложены заказчикам из

СНГ, Китая, Ирана, Индии, Финляндии, с которыми деловые отношения существуют на основе уже заключенных межправительственных соглашений. В рамках конверсионной программы, используя накопленный за 50 лет опыт создания энергоустановок для ВМФ, ОКБ «Гидропресс» разработан проект атомной теплоэлектроцентрали мощностью 6 МВт для северных и удаленных районов под условным названием «Ангстрем». Данная установка обладает предельной безопасностью, так как в качестве теплоносителя использует сплав свинца с висмутом, температура кипения которого более 1650 °С. Ставший хроническим недостаток выделения средств на проведение НИОКР по новым проектам вынуждает ОКБ «Гидропресс» выполнять работы по тепловой энергетике, а также для нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. С сожалением необходимо отметить, что к 1996 г. с предприятия уволилось более 700 человек, не считая 200 человек, переведенных в городские службы из ЖКО и детских садов при передаче объектов на баланс города.

За 50 лет деятельности ОКБ «Гидропресс» при помощи ГКАЭ и Минсредмаша была создана значительная социально-бытовая база предприятия и сделан существенный вклад в инфраструктуру Подольска. Построено 16 жилых домов на 1800 квартир, два детских комбината в целом на 480 мест, пионерский лагерь — база отдыха на 240 мест, общежитие на 360 мест, столовая и буфеты, конференц-зал, поликлиника, аптечный киоск.

За счет выделяемых министерством для ОКБ «Гидропресс» средств в центре Подольска силами Первого строительного-монтажного треста за период 1964—1992 гг. построены объекты соцкультбыта: Дом книги, выставочный зал, банк, магазин «Детский мир», шахматный клуб, радиоузел, аптека, детская стоматологическая поликлиника, станция переливания крови и др.

В рамках развития инженерной инфраструктуры города построено здание АТС на 10 000 номеров, основательно реконструирована котельная центральной районной больницы, значительный вклад сделан в развитие водотеплоэнергосетей и др. Осуществленное строительство, в котором сотрудники ОКБ «Гидропресс»



Инженерный корпус ОКБ «Гидропресс», 1996 г.

принимали непосредственное постоянное участие, преобразило центр города и сделало его современным и благоустроенным. Оценивая итоги 50-летней деятельности ОКБ «Гидропресс», можно с полным правом утверждать, что на всех этапах своей истории коллектив ОКБ «Гидропресс» трудился самоотверженно, творчески, о чем свидетельствуют орден Трудового Красного Знамени и орден Труда Чехословакии на его знамени. Научно-технические достижения при создании новой техники отмечены тремя Ленинскими и восемью Государственными премиями, иными словами, все существенные проекты получили должную оценку государства.

В значительной степени этими достижениями ОКБ «Гидропресс» обязано бывшим и нынешним руководителям:

Б.М. Шолковичу (1946—1954 гг.), А.Т. Агатову (1954—1956 гг.), И.Е. Брауде (1956—1962 гг.), В. В. Стекольникову (1962—1992 гг.), В.Г. Федорову (с 1992 г. по настоящее время) и их заместителям: Г.В. Ермакову, А.А. Хохла-

чеву, В. П. Денисову, П. Н. Богдановичу, Н.А. Георгиевскому, Г.А. Тачкову, Е.В. Куликову, Н.И. Ермакову, И.Н.Тестову, Г.И. Бирюкову, Б.И. Лукасевичу, В.Ф.Титову, В.А.Симонову, Л. А. Бочарову, В. С. Степанову, В.П. Спасскову, Н.М. Жаданову, В.В. Голованову и др.

Большой вклад в достижения коллектива ОКБ «Гидропресс» внесли руководители конструкторских, расчетно-теоретических, экспериментальных и производственных отделов и групп, ведущие специалисты, многие из которых удостоены званий лауреатов Ленинских и Государственных премий, награждены орденами и медалями нашей страны и ряда зарубежных стран.

Особо следует отметить трудовой и творческий вклад рабочих-профессионалов А.Н. Данилова, И. А. Васильева, В. К. Калуцкого, В.К. Бокарева, С.Д. Павлова, В.И. Федяинова, В.И. Иванова, Н.Ф. Хомякова, Е.К. Калмыкова, А.М. Нестерова, П.И. Мещерякова, Е.А. Ле-

вина, П.И. Семенова, В.А. Коровайцева и многих других.

Научно-технические достижения ОКБ «Гидропресс» осуществлены в результате тесного творческого содружества с ведущими отечественными научными институтами: ИАЭ им. Курчатова, ФЭИ, ЦНИИКМ «Прометей», ВНИИНМ, СНИИП, ИМАШ, НИИАР, ВИАМ, ВНИИЭМ, ЦНИИТМАШ, ИТЭФ и др.; с проектными институтами «Атомэнергопроект», ВНИПИЭТ, ГСПИ-12 с заводами Ижорским, ЗиО, Кировским, Атоммаш и др.; с конструкторскими бюро ЦКБМ, ЦКБА и др.

Все основные научно-технические проблемы в проектах ОКБ «Гидропресс» решались

под непосредственным руководством И.В. Курчатова, А.П. Александрова, А.И. Лейпунского и их соратников С.А. Скворцова, В.А. Сидоренко, С.М. Фейнберга, Б.Ф. Громова и др.

Успехи ОКБ «Гидропресс» в становлении и развитии достигнуты благодаря неоценимой помощи Минсредмаша и ГКАЭ под руководством Е. П. Славского, А. М. Петросьянца, А.Г. Мешкова, В.Н. Михайлова, Л.Д. Рябева, В.Ф. Коновалова и др.

Коллектив ОКБ «Гидропресс», в содружестве с проверенными партнерами по работе, готов решать любые научно-технические проблемы по ядерной энергетике, стоящие перед Министерством РФ по атомной энергии.

Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР)

А.М. Петросьянц, В.Б. Иванов, В.А. Цыканов, В.М. Ещеркин, Г.И. Гаджиев, Б.Н. Нечаев, О.В. Скиба, Я.Н. Гордеев, Е.А. Карелин, В.В. Мишенев, А.В. Клинов, Ю.Г. Топоров, Н.С. Косулин, С.П. Клотков, В.П. Почечура, Е.П. Клочков, В.Н. Буланов, В.И. Шипилов

ВВЕДЕНИЕ

НИИАР был основан решением Совета Министров СССР в 1956 г. как база для исследований в области реакторного материаловедения, в котором ядерная наука и техника особенно остро ощущала нужду. Предложение о его образовании исходило от И.В. Курчатова. Место его расположения было выбрано в Ульяновской области, среди сосновых и березовых лесов, недалеко от города Мелекесса.

Сам город Мелекесс был основан в 1626 г. К 1956 г. в городе насчитывалось 55 тыс. жителей. Городок был небольшой, имел малых размеров льнокомбинат, трикотажную фабрику, два мельничных предприятия, крупяной и небольшой пивоваренный заводы. Было несколько школ начальных и семилетних, ветеринарный техникум, педагогический институт, школа механизации сельского хозяйства, несколько библиотек, клубы и драмтеатр. В преобладающем большинстве дома были деревянные и очень немного кирпичных. Дороги были в очень плохом состоянии, в том числе и в центре города. Поэтому появление будущего центра новейшей ядерной техники было событием не только для жителей Мелекесса, но и для всей Ульяновской области.

К концу 1957 г. начали осваивать лесной массив и сооружать поселки для строителей и будущих эксплуатационников. Три первых поселка: Зеленый, Южный и Черемшанский состояли из барачков для общежитий и нескольких дощатых домов.

Первая автодорога из железобетонных плит была проложена от вокзала Мелекесса до поселка строителей. Началась прокладка дорог на промплощадку, где приступили к рытью котлованов под будущие реакторы (ОК-50 и ТБ-50). Первый отряд молодых специалистов прибыл в Мелекесс в ноябре 1957 г. Так началось строительство НИИАР, его промышлен-

ных сооружений и нового города сотрудников института — Димитровграда.

Ныне НИИАР как Государственный научный центр Российской Федерации является крупнейшим в России и одним из самых больших в мире научно-исследовательских комплексов радиационного материаловедения.

Для обеспечения таких исследований создана и работает облучательная база: высокопоточный реактор СМ-2 (пущен в эксплуатацию в 1961 г., последняя реконструкция проведена в 1992 г. и реактор стал называться СМ-3); петлевой реактор МИР (1966 г., последняя реконструкция проведена в 1976 г.); три реактора бассейнового типа РБТ-10/1, РБТ-10/2 и РБТ-6 (1984, 1975 гг. пуска). Испытания в потоке быстрых нейтронов проводятся на опытном реакторе БОР-60. В этих реакторах облучаются конструкционные, топливные и поглощающие материалы, конструкции в виде отдельных твэлов или ТВС, материалы корпусов реакторов и материалы проектируемых термоядерных реакторов, проводятся также внутриреакторные испытания. При этом реализуется широкий спектр условий облучения вплоть до проведения скачков мощности и имитации аварийных условий.

Послереакторные исследования облученных материалов и конструкций проводятся в одной из крупнейших в мире «горячих» лабораторий, где реализованы все современные методы исследований. В этой лаборатории проводятся испытания ТВС с АЭС, исследовательских и транспортных судовых реакторов, обосновываются новые технические решения и лицензионные параметры.

Технологические возможности института позволяют изготавливать опытные изделия в виде твэлов и ТВС с перспективными видами топлива, мишени для накопления трансурановых элементов в высокопоточном реакторе.

В самой большой в России радиохимической лаборатории выделяются трансурановые

элементы: кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, и на их основе изготавливаются источники излучений и специальные изделия для биологии, медицины, космических исследований. Освоена широкая номенклатура радиоизотопных источников с высокой удельной активностью. Изучаются фундаментальные свойства далеких трансурановых элементов и их соединений с другими веществами. Практически вся изотопная продукция поставляется за рубеж.

Институт является основной экспериментальной базой для исследования в области замкнутого топливного цикла реакторов на быстрых нейтронах. Создан прототип «ядерного острова», состоящий из опытно-промышленного комплекса, где производится с применением пироэлектрохимической технологии смешанное уран-плутониевое топливо, изготавливаются с применением вибротехнологии ТВЭЛ и ТВС для реактора БОР-60, представляющего собой опытную АЭС, и установки для переработки облученного топлива опять с помощью пироэлектрохимической технологии. Эксплуатация перечисленных установок, составляющих замкнутый топливный цикл, обеспечила возможность решить многие технические, технологические и экономические проблемы такого цикла и разработать перспективные концепции. Накопленный опыт заинтересовал зарубежные компании.

В институте работает единственная в стране АЭС на основе реактора с кипящим теплоносителем и естественной циркуляцией: ВК-50, которая является базой для испытания оборудования и обеспечивает информацией конструкторов и проектантов будущего поколения реакторов с повышенной безопасностью.

В НИИАР также отработан и прошел длительную эксплуатацию оригинальный тип реактора «АРБУС», как АЭС малой мощности. «АРБУС» — это транспортабельная блочная паротурбинная атомная электростанция мощностью в 750 кВт. Она предназначена для работы в районах Крайнего Севера. Выполнена она в виде отдельных блоков, которые могут быть в короткий срок смонтированы и пущены в эксплуатацию. «АРБУС» — установка двухконтурная. Отвод тепла от реактора производится органическим теплоносителем, циркулирующим по замкнутому контуру. В качестве теплоносителя и замедлителя могут слу-

жить гидростабилизированный газойль, гидроторфинил и дитоллилметан. «АРБУС» отработал как АЭС 800 эф. сут., а в режиме АСТ 735 эф. сут. НИИАР внес свой вклад и в развитие атомного флота, и в том числе подводного.

Более 25 лет ведется эксплуатация полигона глубинного подземного захоронения жидких радиоактивных отходов. Результаты исследований показывают, что такой способ захоронения радиоактивных отходов весьма перспективен, им заинтересовались во многих странах, уже заключены контракты на продажу полученной информации.

Параллельно с основной тематикой, связанной с ядерной индустрией, ведутся разработки технологии и оборудования для нефтехимии, очистка питьевой воды и промышленных отходов. С участием института и на его территории созданы совместные предприятия по переоборудованию железнодорожных вагонов-лабораторий, производству вентиляторов для шинной промышленности, функционирует пункт стерилизации медицинских одноразовых шприцев на основе γ -излучения ^{60}Co с производительностью до 1,5 млрд. штук в год.

Действующее производство обеспечивается соответствующей инфраструктурой и предприятиями соцкультбыта. В институте работает более 5000 человек, основой научного потенциала является 400 научных сотрудников, в их числе 12 докторов и 122 кандидата наук, несколько академиков и членов-корреспондентов отраслевых академий РФ. За последние годы создано 12 монографий, ежегодно публикуется около 100 учетно-издательских листов научной продукции. В 1994 г. пятеро научных работников института удостоены Госпремии РФ.

ГНЦ НИИАР имеет тесные научные и производственные связи с другими научными коллективами и заводами, в числе которых ГНЦ ВНИИНМ, ОКБ «Гидропресс», ОКБМ в г. Нижнем Новгороде, заводами в Москве (МЗПМ), в Электростали (МЗ), в Новосибирске (НХЗ) и многими другими.

НИИ атомных реакторов имеет постоянных партнеров в дальнем и ближнем зарубежье. Среди них японские, английские, французские, немецкие и польские фирмы, организовано совместное производство радионуклидов в Китае. Для этих партнеров выполняется более десятка контрактов, кроме того заключены контракты через МНТЦ. Расширение объема

работ для зарубежных заказчиков — одно из важнейших направлений деятельности института в настоящее время.

Несмотря на экономические трудности, массу проблем, связанных с недофинансированием и задержкой платежей, коллектив работает и поддерживает в рабочем состоянии всю свою обширную экспериментальную базу.

О РЕАКТОРЕ «СМ» (СВЕРХМОЩНЫЙ)

Реактор СМ-2 был запущен в октябре 1961 г. Прошло много лет, но и сегодня СМ — это реактор с самой высокой плотностью нейтронного потока в мире. Такое долголетие реактора с непревзойденными до сих пор характеристиками обусловлено тем, что в его создание были заложены физические и технические принципы, которые в то время были настолько прогрессивными, что и в настоящее время пока не найдено им альтернативы.

Идея создания научного комплекса на основе высокопоточного реактора принадлежала И.В. Курчатову. Она родилась в начале пятидесятых годов. Основная забота тех лет состояла в организации устойчивой промышленной базы для обеспечения страны современным ядерным оружием, в получении научных данных для его совершенствования. Это была огромная задача, особенно в сопоставлении с тем временем, которое историей отводилось на ее решение. И несмотря на великую занятость организацией этих работ, И.В. Курчатов уже думал о будущем развитии ядерной энергетики и о необходимости развития научных исследований, результаты которых должны обеспечивать дальнейший прогресс в ядерной технике и технологии.

Реактор со сверхвысокой плотностью нейтронного потока предназначался в этих научных планах для получения и накопления в необходимых количествах далеких трансурановых элементов. Фундаментальное исследование далеких трансурановых элементов вносит большой вклад в знания о материи, в том числе о проблемах происхождения Вселенной. Тогда уже становилось достаточно ясно, что применяемые в ядерных реакторах материалы сильно изменяют свои свойства под воздействием излучений. Возникла задача систематического изучения этих изменений, решение которой предполагалось и с использованием

этого реактора. Наконец, целый комплекс ядерно-физических исследований, результаты которых были необходимы как для получения фундаментальных данных о ядре, так и для совершенствования методов расчета ядерных реакторов, тоже требовал высокой плотности нейтронного потока.

Поэтому в комплекс исследовательского реактора были включены две крупнейшие для того времени «горячие» лаборатории: материаловедческая и радиохимическая. Для обсуждения конкретных задач по исследованиям и для определения технических условий на реактор и «горячие» лаборатории И.В. Курчатов привлек ведущих ученых: Г.Н. Флерова, А.П. Виноградова, Б.В. Курчатова, С.Т. Конобеевского, А.С. Займовского, Н.Ф. Правдюка, Л.В. Грошева, В.И. Мостового, М.И. Певзнера, П.Е. Спивака, Л.И. Русинова и других. Было определено, что плотность потока тепловых нейтронов в нем должна превышать значение $10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при тепловой мощности до 50 МВт.

Проведение исследований и подготовку технических предложений поручили сектору 14 отдела оптических приборов Лаборатории измерительных приборов АН СССР, как в то время назывался будущий Институт атомной энергии. Сектором 14 руководил Савелий Моисеевич Фейнберг. Физические расчеты проектируемых ядерных реакторов были сосредоточены в секторах 14 и 15. Сектором 15 руководил Василий Степанович Фурсов. С.М. Фейнберг и В.С. Фурсов были не только крупными физиками с большими знаниями аппарата математической физики, но и талантливыми инженерами. Поэтому в секторах разрабатывалась не только физическая концепция будущих реакторов и проводились их оптимизационные физические расчеты, но и создавались принципиальные инженерные решения, передаваемые затем для дальнейшей проработки конструкторам и проектантам. Под эти инженерные решения требовались, кроме физических расчетов, теплофизические, прочностные расчеты и технологические проработки. Эти работы были проведены в связи с пуском первых промышленных реакторов, с расчетами реактора РФТ и началом работ по реактору АМ, на основе которого была создана первая АЭС в Обнинске. Большой вклад в развитие теории и методов расчета гетерогенных систем внесли П.Э. Немировский, Б.Д. Слуцкая, Г.А. Бать, Е.П. Кунегин,

Ю.Н. Занков и др. Все это позволяло начинать расчеты реактора с любой физической концепцией

Хуже обстояло дело с выбором инженерных решений. К тому времени можно было располагать только опытом конструирования промышленных реакторов, который явно давал мало полезной информации для решения этой задачи. Было решено остановиться на гетерогенной системе, состоящей из нескольких цилиндрических каналов, содержащих ядерное топливо и размещенных в хорошем замедлителе. Максимальная плотность потока тепловых нейтронов представляла собой суперпозицию таковых от каждого нейтронного источника (канала с топливом). Учитывая технологические проблемы, был сделан выбор в пользу обычной воды. Поскольку отдельные цилиндры при использовании обычной воды входили в соприкосновение друг с другом, а при менее интенсивных процессах теплоотдачи их сечения частично перекрывались, логично было перейти к конструкции кольцевой активной зоны. Возникла концепция реакторов ловушечного типа.

В середине 1954 г. результаты исследований были доложены И.В. Курчатову, который был ими доволен и предложил впредь называть реактор «СМ». Когда С.М. Фейнберг слегка запротестовал, он ответил, что предложение им не правильно понято: «СМ» — это сокращение от слова «сверхмощный». Слишком гладок был бы путь проекта, если бы конструкторские и проектные работы пошли в соответствии с результатами предварительных исследований. Для достижения высокой плотности нейтронного потока в ловушке в активной зоне реактора должно быть очень высокое удельное энерговыделение. Следовательно, твэлы должны иметь большую площадь поверхности теплосъема на единицу ядерного горючего. Имеющийся «арсенал» твэлов того времени вовсе не подходил для этих целей. Нужны были тонкие пластинчатые твэлы. И даже в этом случае необходимая тепловая нагрузка с их поверхности была бы около 6000 кВт/м^2 . Напомним, что в обычной теплотехнике в то время в котлах с кислородным поддувом была достигнута «небывалая» тепловая нагрузка $230\text{--}240 \text{ кВт/м}^2$.

И.В. Курчатов собрал совещание специалистов из всех заинтересованных институтов, на котором было принято решение перейти на

гомогенный вариант. Разногласия возникли лишь в выборе замедлителя. А.И. Алиханов с сотрудниками (теплотехническая лаборатория АН СССР, ныне ИТЭФ) настаивали на использовании тяжелой воды. Но, учитывая результаты предыдущих исследований, большинство были за обычную воду. Принятое решение косвенно свидетельствовало о том, что из всех поставленных задач, которые должны были решаться с помощью реактора, на первом месте в то время была трансурановая, требующая высокой плотности потока тепловых нейтронов.

Физические и теплофизические расчеты показали, что переход от киловаттных мощностей к мегаваттным приводит к возникновению целого ряда проблем. Параллельно с разработкой гомогенного варианта продолжались и работы в обеспечение первого предложения. Постепенно подготавливалось научное «общественное мнение» к восприятию высоких тепловых нагрузок. В НИИ-9 (так раньше назывался ВНИИНМ) продумывалась технология изготовления пластинчатых твэлов, хотя их материальный состав еще не был определен. После отказа от гомогенного варианта, чтобы наверстать упущенное время, Игорь Васильевич развил бурную деятельность по организации работ. Министерством был выпущен подготовленный им документ по определению участников создания реактора. В соответствии с этим распоряжением в 1956 г. были развернуты работы со всех организациях.

В марте 1956 г. было принято постановление Правительства о строительстве в Ульяновской области станции по испытанию ядерных реакторов. И.В. Курчатов принял решение разместить разрабатываемый исследовательский комплекс на этой станции. Привязка исследовательского комплекса послужила впоследствии причиной для переориентации деятельности будущего предприятия в качестве научно-исследовательского института. Конструкторские разработки были поручены институту Н.А. Доллежля. Работа внутри института была поручена отделу № 6, возглавляемому Ю.М. Булкиным. Это был один из лучших отделов института, которому, как главному были даны в помощь и другие: для разработки СУЗ, проведения стендовых испытаний отдельных узлов реактора и др. Максимальный вклад в конструкторские решения был сделан Ю.М. Булкиным с ближайшими со-

трудниками. Ходом работ живо интересовались и держали их под контролем Н.А. Доллежалъ и И.Я. Емельянов.

Разработка твэлов была поручена НИИ-9. Эта работа проводилась под контролем А.А. Бочвара и А.С. Займовского. Отдел, в котором отрабатывались твэлы, возглавлял А.Г. Самойлов. Он лично, а также В.И. Агеенков, А.В. Позднякова, В.С. Волков и другие внесли огромный вклад в создание первых твэлов, способных работать при сверхвысоких тепловых нагрузках. Дело осложнялось тем, что еще не был определен окончательно состав твэлов. Определенность появилась позже, когда удалось окончательно сформулировать технические требования на твэлы. Они должны быть не толще 0,8 мм, содержать максимально возможное количество диоксида урана 90%-ного обогащения, оболочка должна быть прочной, пластичной и с высокой теплопроводностью, разбавитель в керметном сердечнике — порошок никеля, чтобы обеспечить хорошее диффузионное сцепление оболочек с сердечником. Выбранные для твэлов материалы не позволяли использовать при их изготовлении методы прокатки или выдавливания, поэтому остановились на прессовании. Необходимое давление прессования при имеющемся на заводе прессовом оборудовании ограничивало площадь пластин. Поэтому их ширина была всего 33,1 мм и в ТВС они располагались в 2 ряда. В ТВС такой конструкции уменьшались поперечные колебания пластин при протекании воды с большой скоростью по сравнению с широкими пластинами, и тем самым повышалась гидравлическая устойчивость.

Из-за недостатка времени технология твэлов отрабатывалась не последовательно (сначала в институте, затем на заводе), а практически одновременно. В.И. Агеенков в ту пору больше времени проводил на «Электростальском заводе», где в экспериментальном цехе, который возглавлял П.Н. Верховых, проводилась отработка заводской технологии и подготовка к производству. Опытный технолог, принимавший участие в разработке технологии практически всех имевшихся на то время твэлов, П.М. Верховых внес большой вклад и в разработку твэлов реактора СМ-2, особенно на стадии производства. Во многом благодаря его руководству работами на заводе, были выполнены в установленные сроки ТВС и для физ-

пуска (вне корпуса реактора) и для пуска реактора.

Разработка проекта в целом, включая горячие материаловедческую и радиохимическую лаборатории, была поручена Ленинградскому проектному институту (ЛПИ), который в то время возглавлял А.И. Гутов. Работы проводились в отделении И.Д. Дмитриева. Большой вклад в проектные решения внесли В.С. Бурак, Н.В. Сухорученков и другие.

Физическими расчетами реактора продолжали заниматься на протяжении всей работы над проектом. Существовавшие тогда возможности не гарантировали получения достаточно надежных результатов, поэтому нужны были эксперименты. Их проведение было поручено комбинату «Маяк». Эксперименты выполнялись Е.Д. Воробьевым, В.Б. Климентовым и В.М. Грязевым. Организовать их было непросто. Твэлы имитировались набором урановых, стальных, никелевых, алюминиевых и других пластин, вода была «под рукой», а вот с отражателем возникли проблемы. Решено было делать его из бериллия. Первые эксперименты проводили с водяным или с графитовым отражателем, и лишь некоторое время спустя удалось найти не известный по происхождению и не аттестованный по примесям бериллий в виде кубиков с размером грани 40 мм. Ясно, что результаты таких экспериментов, когда твэлы макетируются, а отражатель не тот, который должен быть, не заслуживают большого доверия. Однако в сопоставлении с расчетами удавалось уточнить как эти результаты, так и методики расчетов. Для этого раз в неделю по ВЧ-связи проводились переговоры с Е.Д. Воробьевым, который сообщал вновь полученные данные, а ему передавались очередные вопросы и задачи на следующую неделю.

Для координации работ по указанию И.В. Курчатова была создана координационная группа в составе С.М. Фейнберга (руководитель), В.А. Цыканова (зам. руководителя), И.М. Булкина, С.Т. Конобеевского, Н.Ф. Правдюка и Г.Н. Яковлева. Не реже одного раза в месяц, а в некоторые периоды и чаще (С.М. Фейнберг из-за занятости другими работами делал это реже) группа вечерним поездом выезжала в Ленинград, к началу рабочего дня попадала в Проектный институт и в течение дня каждый член группы работал с проектантами по соответствующему направлению. Ве-

черным поездом в тот же день выезжали из Ленинграда.

Насосы первого контура и водяных петель разрабатывались на Кировском заводе под руководством Н.М. Синева, мощные газодувки для гелиевых петель — на Невском заводе, арматура — в ЦКБА. Наибольшие проблемы возникли с отражателем. Технология получения бериллия только развивалась. Занимался этими работами подольский опытный завод ПНИТИ. Надо отметить, что сотрудники НТУ сделали очень много, чтобы организовать связи с большим числом предприятий отрасли и за ее пределами. Из всех сотрудников Министерства самую большую и эффективную помощь в деле оказал главный инженер 16 ГУ А.И. Салменков. Еще на ранней стадии, когда выбирались варианты и оформлялись необходимые решения по организации работ, обращения к нему С.М. Фейнберга никогда не оставались безответными. Позже, при выполнении конструкторских и проектных работ к А.И. Салменкову мог обратиться за помощью любой участник работы. Он всех знал и всем помогал.

К началу 1958 г. первая очередь документации по СМ-2 была готова, начались работы по ее согласованию и по организации начала строительства.

Город Мелекесс был маленьким и в основном деревянным. «Гигантом» электроснабжения был энергопоезд строителей, но он обеспечивал электроэнергией строительные площадки и поселки. Город снабжался электроэнергией от дизель-генератора мощностью 500 кВт. В это время «головной» организацией здесь было Управление строительства. Поэтому основное общение было с его руководителем М.А. Суховым.

Как уже отмечалось, надежность результатов расчетов и предварительных экспериментов была не высокой. Поэтому было принято решение провести физический пуск реактора на штатной активной зоне вне корпуса реактора. Для этого в 1960 г. в уже почти готовом здании реактора был сооружен специальный стенд и в нем был проведен физический пуск со штатной активной зоной. В первой половине 1961 г. первой научной лабораторией института, руководимой В.М. Грязевым, выполнялась исследовательская программа по определению реальных физических характеристик реактора.

Было выяснено, что реактор обладает недостаточным запасом реактивности и малой эффективностью органов регулирования для обеспечения работы заданной продолжительности и проектного выгорания. Одной из причин недостаточной реактивности была замена металлического бериллия на оксид бериллия в отражателе. Получение заранее этих сведений позволило обдумать мероприятия по ликвидации недостатков. Было ясно, что надо увеличить объем активной зоны и повысить компенсирующую способность поглощающих органов СУЗ. Увеличение объема активной зоны не сразу было положительно воспринято С.М. Фейнбергом, так как введенный им показатель качества реактора при этом снижался. Были также опасения, что пропорционально объему активной зоны увеличившееся выделение тепла реактора нельзя будет отвести существующей системой охлаждения.

Проверочные расчеты контуров охлаждения показали, что они могут обеспечить отвод тепла при мощности реактора до 75 МВт. Следовательно, с этой стороны препятствий к увеличению объема активной зоны не было. Работы по увеличению объема активной зоны и повышению эффективности органов СУЗ было решено провести в две очереди. Расчетная штатная загрузка, состоящая из 20 ТВС, могла быть увеличена до 28 ТВС без изменения конструкции активной зоны. Кроме того, запас реактивности повышался за счет вытеснения лишней воды из ловушки путем установки фигурных вкладышей из оксида бериллия (впоследствии из бериллия). Для повышения эффективности органов СУЗ было решено разместить четыре стержня аварийной защиты в центральной полости-ловушке, штатные стержни КС-А3 перевести в разряд только компенсирующих, а также установить еще четыре дополнительных компенсирующих стержня в ближайшие экспериментальные каналы в отражателе. С такими изменениями было решено выводить реактор на мощность 50 МВт и работать пока на этом уровне мощности, чтобы проверить работоспособность систем реактора и всего оборудования технологической схемы, испытать твэлы при максимально допустимых тепловых нагрузках, поместив опытную ТВС в центральный канал реактора. Реактор был выведен на мощность в сентябре 1961 г., проект-

ное значение мощности 50 МВт было достигнуто в октябре того же года.

На втором этапе предполагалось увеличить высоту активной зоны до 35 см. Для этого необходимо было разработать новые твэлы. Они разрабатывались тем же коллективом участников в короткие сроки, хотя технология и конструкция твэлов были совершенно другими. Это были стержневые самодистанционирующиеся твэлы крестообразного профиля. Сердечник твэлов состоял из кермета с диоксидом урана 90%-ного обогащения и матрицы из бериллиевой бронзы, оболочки из стали ЭИ-847. Испытания опытных твэлов проводились в реакторе СМ-2. Было показано, что при определенных условиях и на этих твэлах достижима тепловая нагрузка свыше 10^4 кВт/м². Впоследствии подобные твэлы стали широко использоваться в ЯЭУ и с умеренными тепловыми нагрузками.

В первые два года эксплуатации реактора выяснилось, что оксид бериллия плох не только тем, что хуже работает в качестве отражателя, но и является источником высокоабразивных частиц в контуре, разрушающих, в первую очередь, подшипники насосов. Поэтому было принято решение заменить отражатель из оксида бериллия на бериллиевый. Технология изготовления изделий из металлического бериллия в то время уже была отработана. Подготовительные работы к реконструкции были закончены к началу 1965 г. Реконструкция была проведена за очень короткое время — менее четырех месяцев. Реактор был выведен на мощность 75 МВт, и максимальная плотность нейтронного потока увеличена до $3,3 \cdot 10^{15}$ см⁻² · с⁻¹.

Дальнейшие проработки показали, что мощность реактора можно повысить до 100 МВт, если заменить теплообменники первого контура. После подготовки новых теплообменников и выполнения некоторых мероприятий по дальнейшему увеличению эффективности СУЗ реактор реконструировали в 1974 г., увеличив его мощность до 100 МВт и плотность потока тепловых нейтронов до $5 \cdot 10^{15}$ см⁻² · с⁻¹. С этого времени его стали называть СМ-3.

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА ВК-50

20 октября 1995 г. исполнилось 30 лет со дня энергетического пуска первой отечественной

реакторной установки ВК-50 с корпусным кипящим реактором. Она была создана для изучения различных проблем, связанных с работой кипящего реактора в составе АЭС с непосредственной подачей насыщенного пара из реактора на турбину.

С момента пуска до 1966 г. установка работала по комбинированному циклу с выдачей основной части пара непосредственно из реактора и части пара из вынесенных парогенераторов. В 1966 г. парогенераторы были отключены от контура, а установка весь последующий период работала только по прямому циклу. Отключение парогенераторов не вызвало снижения мощности реактора и пределов его безопасной эксплуатации, значительно упростило схему станции и повысило надежность ее работы.

До 1968 г. проводилось изучение режимов работы реактора с прямым циклом на тепловой мощности до 150 МВт. Оно выявило большие потенциальные возможности повышения эффективности реакторной установки.

С 1969 по 1974 г. на установке выполнен комплекс работ по модернизации реактора для уменьшения неравномерности энерговыделения активной зоны, интенсификации естественной циркуляции и повышения эффективности сепарации пара. Комплекс этих работ позволил при тех же размерах активной зоны (5 м³) в экспериментальном режиме поднять мощность реактора со 140 МВт (по проекту) до 256 МВт. При этом удельное энерговыделение увеличилось с 28 до 52 кВт/л. Скорость циркуляции теплоносителя повысилась с 0,4—0,5 до 0,9—1,0 м/с, а неравномерность энерговыделения по высоте активной зоны уменьшилась с 2,5 до 1,5.

С 1974 по 1986 г. реактор работал на тепловой мощности около 200 МВт (предельная — 220 МВт). В 1992 г. после выполнения комплекса работ по увеличению безопасности работы реактора рабочее давление установлено равным 5 МПа и максимальная мощность составляет 200 МВт.

С момента пуска и до 1978 г. на установке осуществлялся бескоррекционный водно-химический режим, а с 1978 г. введен кислородный водный режим. Несмотря на хорошую коррозионную стойкость материалов контура в условиях бескоррекционного водного режима кислородный водный режим существенно по-

Основные показатели работы установки ВК-50

Год	Мощность, Вт		Часы работы	Количество остановок	Коэффициент использования реактора в работе
	Тепловая	Электрическая			
1965	71048	11280	1104	7	0,13
1970	614286	106654	5389	4	0,62
1975	807551	162658	5394	5	0,62
1980	950097	206462	6048	10	0,70
1985	1272107	291972	7583	2	0,87
1990	928090	190906	6981	7	0,80
1995	973059	204930	5421	6	0,62

высил стойкость углеродистой стали, уменьшил вынос продуктов коррозии в реактор и заметно снизил активность теплоносителя.

С 1985 г. на установке стали использовать ТВС с увеличенным водно-урановым отношением, равным 3,0 (по сравнению с 2,2 на ТВС, использованных в первые годы эксплуатации). Увеличение водно-уранового отношения существенно повысило глубину выгорания топлива при меньшей начальной его загрузке на 15%.

По мере накопления опыта эксплуатации, совершенствования оборудования и систем эффективность работы реакторной установки значительно увеличена. Количество плановых остановок в год составляет 2—3. Одна остановка связана с перегрузкой топлива, другие — для проведения планово-предупредительного ремонта оборудования и его технического освидетельствования.

Важнейшим результатом эксплуатации реакторной установки является доказательство простоты и надежности ее работы по схеме прямого цикла, высоких саморегулирующих свойств и устойчивости кипящего реактора. Простота технологической схемы реактора, минимальное количество оборудования обеспечивают простоту управления. Опыт работы показал, что для кипящего реактора достаточно только одна система автоматического регулирования систем регулирования уровня воды в корпусе. Высокие саморегулирующие свойства кипящего реактора позволили вывести из работы систему автоматического регулирования нейтронной мощности.

Благодаря большим отрицательным значениям парового и температурного эффектов реактивности реактор обладает высокими свойствами самоограничения мощности при вводе

положительной реактивности. Многочисленные эксперименты с извлечением компенсаторов, повышением давления, уменьшением отбора пара и забросом питательной воды показали плавный характер переходных процессов со стабилизацией мощности на некотором более высоком уровне. Опасных разгонов реактора не наблюдается.

Показано также, что характерная для кипящих систем нейтронно-физическая неустойчивость не является ограничивающим фактором при значениях удельной плотности энерговыделения до 50 кВт/л и давления выше 6 МПа. При давлении около 4 МПа устойчивая работа реактора возможна при удельной мощности до 35 кВт/л с запасом до границы устойчивости 25—30%, а при давлении 5,0 МПа — до 40 кВт/л.

Первым крупным упрощением технологической схемы реакторной установки было отключение трех петель парогенераторов и перевод ее на режим работы по прямому циклу. Дальнейшее упрощение схемы состояло в следующем.

1. Отключены два технологических конденсатора, рассчитанных на прием 250 т/ч реакторного пара. Вместо конденсаторов смонтирована схема сброса пара реактора в конденсатор турбины через редукционный клапан.

2. Демонтированы системы: теплообменника СУЗ с трубопроводами; разогрева и охлаждения нажимного кольца; сжигания водорода в сдувке реактора; дезактивации контура; контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов на работающем реакторе; подачи пара от постороннего источника для предварительного разогрева реактора перед

пуском из холодного состояния; газгольдеры выдержки газа.

Основанием для отключения перечисленных систем явился опыт пусконаладочных работ и первых лет эксплуатации реактора. Вместо газгольдеров выдержки газа разработана и введена в эксплуатацию более эффективная система подавления активности (УПАК).

3. Вследствие упрощения технологической схемы и рационального использования средств контроля количество приборов контроля сокращено примерно на 30%, а систем автоматического регулирования более чем на 60%. При этом ликвидированы местный щит управления выпарной установки, неоперативные щиты турбины и реактора. Все управление и контроль установки сосредоточено на центральном щите оператора.

4. С 1967 г. на реакторе используется метод полусухой перегрузки отработавшего топлива, позволивший значительно сократить длительность перегрузки и расход воды на заполнение бассейнов выдержки.

Выполнены также некоторые другие изменения, направленные на упрощение станции и повышение ее надежности.

Длительный опыт эксплуатации реактора ВК-50 показал хорошую коррозионную стойкость различных конструкционных материалов контура (11% поверхности составляет нержавеющая сталь, 33% — углеродистая сталь, 5,4% — сплавы циркония, 5,4% — латунь и 42,4% — сплав МНЖ) при использовании простого бескоррекционного водного режима. Коррозионная стойкость углеродистой стали на конденсатно-питательном тракте оценивается в 4—5 баллов по ГОСТ 13819-68, что свидетельствует о возможности ее более широкого использования в контурах АЭС. При организации кислородного водного режима стойкость этой стали существенно повышается за счет образования на ее поверхности прочных оксидных пленок. При этом также отмечено уменьшение выноса продуктов коррозии в реактор и частичное уменьшение радиолитиза воды.

На РУ ВК-50 за годы эксплуатации выполнен большой объем исследований и испытаний оборудования как по проблемам корпусных кипящих, так и других реакторов. Комплекс выполненных исследований по гидродинамике и физике реактора, его устойчивости, динамическим характеристикам, сепарации

пара, водно-химическим режимам, радиационной безопасности позволил определить возможность и пределы использования корпусного кипящего реактора и показать его достоинства как источника энергии.

На реакторе ВК-50 проведено испытание различных типов ТВС с твэлами диаметром 9,1; 10,2 и 13,6 мм, в том числе опытных ТВС для реакторов РБМК и ВВЭР. Отдельные ТВС находились под облучением в реакторе в течение 6 и 8 лет без нарушения герметичности оболочек твэлов.

Большой комплекс работ на РУ ВК-50 связан с отработкой технологии очистки газообразных выбросов от активности. В результате этих работ была создана малогабаритная и эффективная установка УПАК. Длительное время на РУ ВК-50 проводились исследования по отработке и совершенствованию методов контроля герметичности оболочек твэлов (КГО). На основе этих работ создан комплекс, объединяющий внутризонный и вне реакторный контроль ТВС, показавший высокую эффективность при перегрузке реактора в 1994 г.

С 1976 по 1980 гг. на РУ ВК-50 велись исследования по проблемам АСТ (в том числе и для АСТ-500).

На стадии проектирования, монтажа и ввода в эксплуатацию РУ ВК-50 наиболее активное участие принимали: В. А. Щепетильников — начальник установки, Ю. А. Соловьев — главный инженер установки, Е. А. Козин — зам. главного инженера, И. Н. Соколов — научный руководитель от ИАЭ им. И. В. Курчатова, Е. В. Куликов — руководитель шеф. группы от ОКБ «Гидропресс», М. Л. Барский — главный инженер проекта (ВНИПИЭТ), Э. Э. Пох (КБ Ижорского завода). В дальнейшем в освоении установки, в ее совершенствовании и организации НИР принимали участие: В. М. Ещеркин — начальник установки, В. Е. Шмелев — ведущий научный сотрудник, Ю. А. Летницкий — начальник группы, Ю. В. Четкин — начальник научного отдела, Б. П. Коротков — начальник службы КИПиА, В. Ф. Земсков — мастер центрального зала.

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА БОР-60

Работы по созданию реакторной установки с опытным реактором на быстрых нейтронах мощностью 60 МВт (БОР-60) начались в кон-

це 1963 г. Инициатива создания установки исходила от академика А. И. Лейпунского и доктора физико-математических наук О.Д. Казачковского (ФЭИ). Под их руководством и начались разработки установки БОР-60. В сентябре 1964 г. вышло постановление Совета Министров СССР о сооружении комплекса РУ БОР-60.

В мае 1965 г. извлечен первый ковш земли в районе размещения реактора. 30 декабря 1968 г. принят в эксплуатации Государственной комиссией пусковой комплекс первой очереди РУ. 28 декабря 1969 г. произведен энергетический пуск РУ с отводом тепла на теплообменник «натрий-воздух». 28 декабря 1970 г. принят в эксплуатацию Государственной комиссией комплекс РУ БОР-60. Строительство объекта (от начала земляных работ до энергопуска) было выполнено за 4,5 года с учетом задержки строительства на несколько месяцев из-за отсутствия финансирования.

Основные направления работ на реакторе: массовые испытания твэлов с различными топливными композициями; испытания материалов-поглотителей нейтронов для органов управления реактором; испытания конструкционных материалов для твэлов, пэлов, ТВС, корпусов реакторов, другого оборудования и трубопроводов натриевых контуров; исследования вопросов безопасности при возникновении аномалий в процессе работы реактора; решение вопросов натриевой технологии; испытания парогенераторов различных конструкций; испытания оборудования и приборов системы контроля натриевых систем; проверка работы РУ в режиме АЭС.

Для решения перечисленных задач реактор был рассчитан на большую удельную мощность активной зоны и высокую температуру натрия. Проектный уровень мощности (до 60 МВт) позволял испытывать модели оборудования для АЭС с БН-350, БН-600 и перспективных АЭС большой мощности (БН-800, БН-1600 и др.).

При создании РУ БОР-60 перед всеми участниками этой ответственной и важной работы — проектировщиками, конструкторами, научными сотрудниками, строителями, монтажниками — ставилась задача создания оборудования, систем, строительной части объекта высокой надежности и безопасности. Поэтому, начиная со стадии разработки проектно-

конструкторской документации, этой задаче уделялось главное внимание. Большой вклад в разработку проекта внесли технологи В.А. Медведков, В.А. Иванов, А.И. Шаповалов и др. С целью сокращения строительных объемов здания РУ во втором контуре были предусмотрены сдвиговые компенсаторы (СК). Поскольку такое оборудование в проектах РУ ранее не использовалось, опытные образцы СК прошли стендовые испытания для проверки циклической прочности.

Главный конструктор осуществил стендовую отработку всех основных узлов реактора и оборудования натриевых систем; определил ресурс при стендовых испытаниях опытных образцов. Аналогично поступили конструкторы натриевых насосов, парогенераторов, арматуры, приборов. С большой отдачей трудились сотрудники ОКБ «Гидропресс» Б.И. Лукасевич, В.С. Долотов и др.

Разработку проектно-конструкторской документации, испытание моделей оборудования, изготовление штатного оборудования, строительные-монтажные работы осуществляли под контролем заказчика. Активное участие в этих работах принимали А.М. Смирнов, В.П. Кевролев, В.М. Грязев, Н.В. Краснояров, Г.И. Гаджиев, Б.Н. Нечаев, В.И. Кондратьев, В.Н. Ефимов, В.Н. Бритов, В.Я. Кравченко и другие.

Период строительства установки можно разбить на четыре этапа: 1) выполнение основного объема строительных работ в монолитной части здания (машинный зал РУ); 2) монтаж систем, не связанных с натрием, подготовка помещений первого контура для проведения монтажных работ; 3) монтаж основных и вспомогательных натриевых систем первого и второго контура, систем электроснабжения, контроля и автоматики; 4) подготовка контуров к приемке натрия, заливка натрия в дренажные баки, его очистка, заполнение контуров натрием.

Теплотехническая схема РУ БОР-60 трехконтурная, двухпетлевая: первый и второй контуры натриевые, третий контур пароводяной. При создании РУ БОР-60, в том числе и самой установки, проектировщики и конструкторы при участии сотрудников НИИАР старались вложить в свое детище все лучшее, что было уже создано к тому времени. Когда установка вступила в эксплуатацию, стало очевид-

но, что многое желательно еще усовершенствовать. В процессе работы РУ проводилась модернизация следующих реализованных проектных решений: схема регулирования выбега насосов первого контура для приведения в соответствие законов спада расхода и мощности при срабатывании аварийной защиты; контроль плотности корпуса реактора; реактиметр для контроля подкритичности; система контроля герметичности оболочек (КГО) твэлов на работающем и остановленном реакторе; система аварийного расхолаживания с использованием парогенератора; система аварийного расхолаживания реактора при разуплотнении основного трубопровода первого контура, не защищенного страховочным кожухом, при отказе запорной арматуры и оголении выходных патрубков реактора (максимальная проектная авария); устройство и стационарная система очистки натрия первого контура от радионуклидов цезия; опытная установка для утилизации трития, накопленного в «холодных» ловушках; установка «Визус» для контроля пространства между головками ТВС и поворотными пробками при перегрузках реактора; виброакустический диагностический контроль состояния реактора и оборудования; промышленный отбор пара турбины в целях теплофикации.

Задачи, которые были поставлены перед РУ БОР-60 при ее создании, нашли и находят свое решение в ходе эксплуатации установки. Далее приведена краткая информация по основным итогам работы РУ.

На основе ресурсных испытаний ТВС были выбраны материалы оболочек твэлов и ТВС для реакторов БН-350 и БН-600. Результаты испытаний и исследований перспективных топливных и поглощающих композиций, конструкционных материалов для корпусов реакторов используются при разработке проектов АЭС с реакторами на быстрых нейтронах большой мощности.

Опыт, приобретенный при разработке совместно со специалистами Чехословакии микромодульного парогенератора, а также результаты его испытания на РУ БОР-60 позволили создать микромодульные парогенераторы для АЭС БН-350. На РУ проходили испытания двух парогенераторов «обратного» типа ОПГ-1 и ОПГ-2, которые отличаются повышенной безопасностью. В этих парогенераторах натрий

циркулирует в трубках, а вода (пар) — в корпусе трубного пучка. При таком размещении рабочих сред по отношению к поверхности теплообмена исключено взаимодействие больших количеств натрия с водой (паром) при появлении неплотности в теплопередающих трубках. Парогенератор ОПГ-1 отработал 80 000 ч.

Успешно прошли испытания электромагнитного насоса в петле второго контура (расход до 700 м³/ч).

На АЭС с БН-350 и БН-600 внедрены методы, устройства и системы очистки натрия от радионуклидов, разработанные и испытанные на РУ БОР-60; системы обнаружения течей воды (пара) в натрий в парогенераторах.

Впервые в отечественной практике осуществлен перевод реактора на смешанное виброуплотненное уран-плутониевое топливо, выгорание которого в ТВС достигает 28, а в отдельных твэлах 32%.

Большой объем работ выполнен для повышения экологических показателей реакторной установки.

На РУ БОР-60 прошли стажировку специалисты АЭС с БН-350, БН-600 и Индийского атомного центра им. И. Ганди. Специальную подготовку прошел специалист из Франции. Развернута программа испытаний материалов в рамках международного сотрудничества (Франция, США).

Реакторная установка БОР-60 создавалась в 60-х годах на основе действовавших в то время нормативно-технических документов (НТД). В настоящее время введены новые НТД, в которых заложены более высокие требования к объектам ядерной энергетики. Был выполнен анализ рабочей проектно-конструкторской документации по РУ для выявления отступлений от требований новых норм и правил. По итогам анализа разработаны мероприятия для устранения выявленных недостатков.

В настоящее время РУ БОР-60 — единственная в Европе экспериментальная установка для решения проблем по реакторам на быстрых нейтронах. Актуально решение следующих задач для реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: 1) обоснование работоспособности ТВС и твэлов с перспективными видами топлива (нитридным, карбидным, U-Pu-Zr и другими) при высоких и сверхвысоких выгораниях; 2) проверка воз-

возможности безопасного и экологически приемлемого решения задачи утилизации оружейного плутония и регенерированного топлива; 3) обоснование возможности решения проблемы утилизации радиоактивных продуктов и трансмутации актиноидов; 4) испытания ТВС на инструментированных экспериментальных петлевых устройствах в различных режимах, вплоть до разгерметизации и оплавления твэлов, для решения вопросов безопасности реакторов на быстрых нейтронах; 5) продолжение цикла работ по натриевой технологии; 6) испытание опытных образцов нового оборудования, приборов и др.

Для решения этих задач, а также для приведения систем и оборудования РУ в соответствие с требованиями новых НТД необходима реконструкция РУ БОР-60. Решение о реконструкции РУ принято, начата разработка проектно-конструкторской документации.

Параллельно с работами по реконструкции РУ БОР-60 осуществляется большой объем работ для обоснования продления разрешенного срока эксплуатации установки. На основании исследования комиссией состояния РУ, анализа выполненных прочностных расчетов и исследований для получения разрешений на увеличение ресурса оборудования и систем (разрешения оформляются техническими решениями, как этого требуют правила) принято решение о том, что РУ БОР-60 можно эксплуатировать до 2000 г. На 2000-й г. запланировано новое обследование состояния РУ, в результате чего будет решен вопрос: работать установке или готовиться к снятию с эксплуатации.

Хочется надеяться, что БОР-60 еще долго будет приносить пользу ядерной науке и технике России. Веру в это вселяет энтузиазм, с которым трудится коллектив установки.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Химико-технологическое отделение (ХТО) — одно из основных научных подразделений НИИАР. Основным научным направлением работ ХТО является разработка топливного цикла ядерных реакторов на основе пироэлектрхимических процессов переработки топлива и автоматизированных дистанционно-управляемых процессов изготовления твэлов и ТВС методом виброуплотнения.

В составе отделения три научных отдела: отдел технологии топлива, отдел технологии вибротвэлов и ТВС и аналитический отдел.

Работу по новому топливному циклу — альтернативному существующему в ядерной промышленности водно-экстракционному, начались с 1964 г. после создания в институте электрохимической лаборатории. Первыми сотрудниками этой лаборатории были: Ю.С. Соколовский, Ю.П. Савочкин, В.И. Силин, Л.Г. Бабиков, П.Т. Породнов, М.П. Воробей, Г.Н. Казанцев. За прошедшие тридцать с лишним лет пройден большой путь от первых лабораторных экспериментов с получением граммовых количеств электролитического диоксида урана до разработки технологии, оборудования и создания опытных установок для производства гранулированного оксидного топлива с аппаратом хлоратором-электролизером промышленного масштаба. Достигнутые успехи стали возможны только благодаря творческой работе коллективов при участии А.В. Бычкова, С.К. Вавилова, Ю.Ф. Овсянникова, С.Д. Белякова, Г.П. Попков, И.И. Пугачева и др.

Параллельно в отделении под руководством П.М. Иванова, а затем Ю.С. Соколовского разрабатывался фторидно-газовый процесс переработки ядерного топлива. Были созданы экспериментальные установки «Фрегат-1» и «Фрегат-2» для отработки технологии и оборудования. Получены интересные результаты по глубокой очистке облученного уранового топлива, по конверсии регенерированного гексафторида в гранулированный диоксид урана. Большой вклад в разработку процесса, в создание оборудования и установок внесли А.В. Серов, Ю.П. Щекал, Г.В. Чурин и др.

С 1967 г. параллельно с разработкой технологии переработки топлива пироэлектрхимическим и фторидно-газовым методами широким фронтом развернулась разработка твэлов реакторов на быстрых нейтронах на основе виброуплотненного гранулированного топлива. Твэл реактора БОР-60 новой конструкции и разработанная технология были положены в основу технического задания на создание в НИИАР автоматизированной, дистанционно-управляемой технологической установки «Орел». Уникальный технологический комплекс в защитных камерах был создан и сдан в эксплуатацию в 1976 г. Установка прошла три этапа испытаний с изготовлением твэлов и ТВС реактора БОР-60

сначала на урановом, а с 1981 по 1986 г. на уран-плутониевом топливе. В 1986 г., после завершения программы отработки технологии изготовления твэлов и ТВС реактора БОР-60 и обоснования их высокой работоспособности, руководством Министерства было принято решение о реконструкции комплекса для выпуска твэлов и ТВС реакторов типа БН-60, БН-800. Такая реконструкция, в основном силами института при участии В.А. Карлова, В.А. Макарова, В.Г. Гурьянова, В.Г. Митина и других была завершена в 1989 г. После чего в течение трех лет автоматизированная линия эксплуатировалась в режиме изготовления твэлов и ТВС для БН-600. Изготовленные сборки из уранового и уран-плутониевого оксидного топлива прошли успешные ресурсные испытания в реакторе БН-600. С декабря 1981 г. по настоящее время активная зона реактора БОР-60 успешно эксплуатируется на уран-плутониевом топливе с твэлами новой конструкции. В 1996 г. достигнуто выгорание 29,4% тяжелых атомов. Испытания твэлов продолжают до выгораний 35%.

В обоснование работоспособности твэлов выполнен большой объем реакторных и послереакторных материаловедческих исследований под руководством А.А. Маершина. В последние три года в отделении активно выполняются работы по исследованию трансмутации минорактинидов в твэлах реактора БОР-60. Уникальные возможности института, наличие технологической и реакторной базы, возможностей проведения послереакторных исследований облученных твэлов неразрушающими и разрушающими методами позволили в сжатые сроки решить эту проблему.

Разработана программа конверсии, в соответствии с которой создаются установки для выполнения нетрадиционных работ. В частности, уже несколько лет создана и функционирует мощная установка для стерилизации медицинского инструмента в гамма-полях источников на основе кобальта-60. В отделении в 1995 г. сдана в эксплуатацию и успешно эксплуатируется установка по производству гамма-источников на основе кобальта-60 высокой удельной активности, широко используемых в настоящее время в медицине и в промышленности. НИИАР имеет уникальную возможность нарабатывать в своем высокопоточном реакторе СМ-3 кобальт-60 удельной активностью до 350 Ки/г. Созданная установка специ-

ализируется на выпуске мощных гамма-источников с такой удельной активностью.

Аналитические исследования начали развиваться в НИИАР сразу же после пуска в эксплуатацию радиохимического комплекса. В короткие сроки были разработаны методы аналитического контроля и технологии получения трансплутониевых элементов, методы паспортизации препаратов плутония, америция, кюрия, берклия, калифорния, контроля производства и качества радионуклидных источников. Большой вклад внесли аналитики в создание, понимание и развитие технологий реакторного получения и радиохимического выделения трансплутониевых элементов. Из сотрудников, вокруг которых сформировались коллективы, занимающиеся аналитическими исследованиями, следует отметить, Ю.И. Грызина, В.В. Грызину, Г.А. Симакина, И. И. Капшукова, В. Я. Габескирия, В.В. Иваненко, Б.И. Левакова, В.Г. Полохова, В.М. Баринаова. В середине 70-х годов были широко развернуты исследования по разработке методов контроля новых технологий получения и переработки смешанного уран-плутониевого топлива, создания и освоения методик его паспортизации. Эти задачи были успешно решены аналитиками отдела.

Коллективы ХТО, несмотря на известные экономические трудности последних лет, сохранили основные профессиональные кадры. Это руководители лабораторий — Е.А. Ерин, А.П. Четвериков, В.Б. Мишенев, ведущие специалисты — В. М. Чистяков, Ю. Ф. Волков, С.В. Томилин, В.И. Борисенков, Ю.В. Ефремов, В.И. Коновалов, В.В.Тихомиров, Ю.С. Попов и другие высококвалифицированные и опытные аналитики. Кроме методических разработок и аналитического обеспечения новых, более безопасных ядерных технологий аналитический отдел проводит систематические исследования отработавшего топлива АЭС, исследовательских реакторных установок, а также исследования фундаментальных свойств актинидов и других радиоактивных элементов,

Работы отделения по новому топливному циклу привлекают все большее внимание международной научной общественности, зарубежных фирм и ядерных центров. Расширяются научные связи с Японией, Францией, Англией, Германией, США.

ПРОИЗВОДСТВО ТРАНСПЛУТОНИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В 1948 г. в нашей стране был освоен промышленный выпуск радиоактивных нуклидов и были заложены основы широкого применения их в народном хозяйстве. Радиоактивные нуклиды — мощный и тонкий инструмент для создания чувствительнейших методов анализа и технологического контроля производства материалов и изделий в промышленности, уникальное средство для медицинской диагностики и терапии заболеваний. К 1970 г. радионуклиды использовались более чем в пяти тысячах научных и промышленных организаций страны. На начальном этапе это были продукты деления урана и радионуклиды, получаемые в ядерных реакторах нейтронным облучением различных веществ на основе реакции радиационного захвата нейтронов (n , γ) ядрами стабильных нуклидов. Затем было освоено производство радионуклидов на циклотронах. Следующим этапом стало использование искусственных, не встречающихся в природе, трансплутониевых элементов (ТПЭ). Области применения ТПЭ определяются в первую очередь ядерно-физическими характеристиками нуклидов.

Изотопы кюрий-242, кюрий-244 обладают высоким энерговыделением в результате альфа-распада и могут использоваться в качестве радионуклидных источников тепла. Кюрий-244 является спонтанно-делящимся изотопом и может использоваться как источник нейтронов (выход нейтронов составляет $10^6 \text{ с}^{-1} \text{ г}^{-1}$ с длительным ресурсом работы (период полураспада составляет 18 лет). Кюрий-248 и берклий-249 являются удобными стартовыми материалами для синтеза сверхтяжелых элементов на циклотронах.

Особое место среди ТПЭ занимает калифорний-252. Спонтанное деление этого изотопа сопровождается интенсивным нейтронным излучением. Поток нейтронов составляет $2,3 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \text{ мг}^{-1}$, что позволяет изготавливать из калифорния-252 малогабаритные, простые по конструкции и в то же время интенсивные источники нейтронов со сравнительно длительным ресурсом работы (период полураспада — 2,65 года).

В марте 1967 г. был утвержден комплексный план по производству трансплутониевых и

энергетических нуклидов. В соответствии с этим планом в НИИАР были начаты работы по созданию опытного производства трансплутониевых элементов (до калифорния-252 включительно). Главными предпосылками, определившими создание производства ТПЭ в НИИАР, были наличие высокопоточного реактора СМ-2 (калифорний-252 в весовых количествах может быть накоплен только в реакторах с высоким потоком нейтронов) и достаточного количества защитных камер, позволяющих дистанционно проводить работы с высокоактивными (до 100000 Ки) материалами. К этому же времени в НИИАР были широко развернуты научно-исследовательские работы по ТПЭ.

Экспериментально были проверены условия и скорости накопления различных нуклидов ТПЭ при облучении соответствующих стартовых материалов в реакторе СМ-2 (В.А. Цыканов, Ю. П. Кормушкин, Б. А. Залетных, А.В. Клинов). Под общим руководством Г.Н. Яковлева в лабораториях А.Г. Рыкова, В.М. Николаева, А.А. Зайцева, И.А. Лебедева, И.И. Капшукова, М.И. Друзина, Ю.И. Грызина, В.Д. Горбунова и Б.А. Морозова были проведены исследования по химии и технологии ТПЭ, методам их аналитического контроля. В лабораторных условиях в 1965 г. из облученных мишеней был выделен плутоний-242, в 1966 г. освоен процесс группового разделения трансплутониевых и редкоземельных элементов и выделены америций-243 и кюрий-244.

Проблема создания производства ТПЭ была сложной. Ни в отечественной, ни в зарубежной практике не было достаточного опыта в этом направлении. Опытные переработки облученных мишеней с трансплутониевыми элементами проводились только в ИАЭ И.В. Курчатова (И.К. Швецов, В.Н. Косяков) и ФЭИ (А.П. Смирнов-Аверин, А.Г. Козлов) совместно со Всесоюзным научно-исследовательским институтом неорганических материалов (ВНИИНМ, В.Б. Шевченко, Л.М. Борисов). Полученная здесь информация была полезной, но и ее было слишком мало для решения проблем создания производства ТПЭ.

В качестве головного подразделения по созданию производства ТПЭ дирекция института (О.Д. Казачковский, М.А. Демьянович) назначила радиохимический отдел (О.В. Скиба, М.А. Баженов, А.П. Феофанов). Производство

ТПЭ в НИИАР создавалось поэтапно. Первым этапом было создание установки для выделения плутония, америция и кюрия из облученного плутония. Была разработана соответствующая технологическая схема. Сформирована аппаратурная схема установки. Основные участники работы — Е.А. Карелин, В.Б. Мишенев, В.М. Николаев, В.И. Карасев.

В основу технологического процесса и аппаратурного оформления были заложены следующие принципы: 1) на всех стадиях выделения и очистки ТПЭ предусмотрено использование умеренно-агрессивных сред (только азотнокислых растворов). Это обстоятельство позволяло использовать трубопроводы и оборудование из обычных коррозионно-стойких материалов; 2) предпочтение было отдано экстракционному методу очистки ТПЭ; 3) предусматривалось использование для проведения всех технологических процессов легко доступных и радиационно-стойких реагентов.

Установка по выделению плутония, америция и кюрия из облученных плутониевых мишеней, размещенная в пяти защитных камерах здания 120, была введена в эксплуатацию. В освоении установки участвовали Е.А. Карелин, В.Б. Мишенев, В.М. Николаев, Л.П. Большаков, И.П. Варевцев, В.Е. Верещагин, Я.Н. Гордеев, В.К. Дейкалов, В.И. Карасев, П.П. Крылов, А.А. Поздеев, А.А. Ядовин, Е.Н. Гайдуков, Л.Н. Семенкин, М.М. Целуйко.

К концу 1968 г. были выделены первые десятки граммов тяжелых изотопов плутония (смесь изотопов плутония с содержанием плутония-242 около 45%), а в начале 1969 г. первые 5 граммов кюрия-244, из которого был изготовлен кюрий-бериллиевый нейтронный источник с выходом нейтронов $2 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$.

В качестве стартового материала для получения ТПЭ использовались плутоний-240 и тяжелые изотопы плутония, выделенные из облученного высокофонового плутония. Мишени для облучения плутония изготавливались во ВНИИНМ (лаборатория А.И. Каштанова). В начале 70-х годов технология изготовления мишеней была освоена и в НИИАР (Г.А. Стрельников, Н.С. Косулин, В.Н. Сюзев, В.И. Зинковский, Е.А. Крылов). С этого времени все мишени для накопления ТПЭ изготавливались в НИИАР.

В 1972 г. на технологической установке была проведена уникальная работа по выделению

кюрия-242 из облученного америция-241. Было получено около 10 г кюрия-242, из которого изготовлен экспериментальный изотопный источник тепла «Вега» мощностью около 1 кВт. В 1973 г. из отработавшего источника был выделен плутоний-238 высокой изотопной чистоты (99,3%) биомедицинского назначения — продукт альфа-распада кюрия-242. Полученный плутоний-238 был использован для изготовления первого в нашей стране электрокардиостимулятора.

Следующим этапом производства ТПЭ было создание установки для выделения берклия и калифорния из облученных америция и кюрия. Была создана установка с опытной переработкой небольших партий облученного америция и кюрия с выделением сначала 100 мкг (1970 г.), а затем 1 мг калифорния-232 (1972 г.). Основными участниками этих работ были А.П. Феофанов, А.А. Зайцев, В.Т. Филимонов, Н.С. Курочкин, Г.И. Кузнецов.

В 1973 г. была введена в эксплуатацию стационарная установка для выделения берклия и калифорния из облученных америциевых и кюриевых мишеней.

На этой же установке в 1975 г. проведена опытная переработка облученного калифорния-252 и выделены микрограммовые количества эйнштейния-253 и-254.

Проблема создания, освоения и развития производства ТПЭ на всех этапах была связана с проблемами разработки методов аналитического контроля технологических процессов выделения ТПЭ и паспортизации получаемых препаратов. Большой творческий вклад в решение этих проблем внесли Ю.И. Грызин, В.В. Грызина, Б.И. Леваков, В.В. Иваненко, В.Г. Полюхов, П.Ф. Бакланова, В.М. Варинев, В.Я. Габескирия.

Более чем двадцатилетний опыт эксплуатации технологических установок подтвердил обоснованность и правильность всех принципов, заложенных в основы технологических процессов выделения ТПЭ и их аппаратурного оформления. Установки работают надежно. Стабильно обеспечиваются хорошие технологические показатели, как по извлечении ТПЭ, так и по очистке их от примесей.

До настоящего времени производство ТПЭ в НИИАР является единственным в Европе. Создание этого производства позволило обеспечить потребности многих научных центров

страны в трансплутониевых элементах: плутоний-242, америций-243, кюрий-244, кюрий-248, берклий-249, калифорний-249, калифорний-252. Благодаря этому в НИИАР, ИФХ АН СССР, институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР, радиовом институте им. В.Г. Хлопина и многих других научных центрах выполнены комплексные исследовательские программы в области химии ТПЭ, получившие мировое признание. В Объединенном институте ядерных исследований впервые в мире синтезирован ряд новых сверхтяжелых элементов. Неоднократно осуществлялись поставки препаратов ТПЭ зарубежным странам (Англии, Германии, Франции, Японии, Аргентине и др.).

Одновременно с организацией производства калифорния-252 активно решалась проблема практического использования его в различных отраслях народного хозяйства и в медицине. Из партии калифорния-252, выделенной в 1972 г. (1 мг), были изготовлены 20 опытных источников нейтронов с выходом от $3 \cdot 10^6$ до $2 \cdot 10^7$ с⁻¹ и один с выходом $1,7 \cdot 10^9$ с⁻¹ (А.П. Феофанов, В.Т. Филимонов, Г.А. Стрельников, В.И. Зинковский и др.), которые были испытаны в условиях геологоразведочных работ для нейтронно-активационного анализа.

Преимущества калифорниевых источников очевидны. Более мягкий спектр нейтронов этих источников позволяет получать высокие плотности потока тепловых нейтронов в замедлителях вблизи источника, создавая выгодные условия для нейтронно-активационного и нейтронно-радиационного анализа. Высокий удельный выход нейтронов калифорниевых источников обеспечил уменьшение их размеров и массы, что существенно упростило системы перегрузки источников в производственных условиях геофизических предприятий. Период полураспада калифорния-252 в 6 раз больше, чем полония (соответственно 30 и 4,6 месяцев). Соответственно в 6 раз выше рабочий ресурс калифорниевых источников. Эти обстоятельства оказались особенно выгодными при использовании источников в труднодоступных районах. Опыт использования калифорниевых нейтронных источников показал заметную экономическую выгоду и предопределил большой интерес пользователей источниками нейтронов.

После ввода в эксплуатацию стационарной

установки по выделению калифорния-252 был организован серийный выпуск источников нейтронов на его основе. За короткое время под общим руководством Е.А. Карелина были разработаны более десяти видов малогабаритных источников нейтронов общетехнического и медицинского назначения с выходом нейтронов до $2 \cdot 10^{10}$ с⁻¹. Наибольшее применение источники общепромышленного назначения нашли в геологии и нефтяной промышленности. К 1980 г. потребителями таких источников были около 40 геологических предприятий и экспедиций страны. С помощью калифорниевых источников нейтронов успешно решались такие задачи, как элементный анализ пород разведочных и промысловых скважин (железо, ртуть, бор, литий, хром, марганец, а также бокситы, нефть), элементный анализ геологических проб (серебро, золото, медь, уран), контроль технического состояния скважин.

Источники нейтронов на основе калифорния-252 нашли применение на ряде предприятий черной и цветной металлургии для элементного анализа проб руды нейтронно-активационным методом (золото, серебро, медь, уран) и технологического контроля. За время функционирования в НИИАР производства источников нейтронов на основе калифорния-252 такие источники были поставлены более чем ста предприятиям и организациям России и стран ближнего зарубежья. Немалый интерес к источникам, выпускаемым в НИИАР, проявляют страны дальнего зарубежья. Среди заказчиков источников — Англия, Германия, Чехословакия, Венгрия, Иран, Индия, Франция и другие страны.

Активно велась разработка источников нейтронов для медицины. Освоение калифорния-252 медициной в нашей стране выполнялось в рамках государственной «Программы клинического изучения радиоактивного препарата калифорния-252». В 1975 г. был освоен выпуск штырьковых, в 1977 г. — гибких нейтронных источников для внутритканевой терапии, в 1980 г. — источников для внутрисполостной терапии (Я.Н. Гордеев, В.И. Карасев, В.В. Шалимов, В.Л. Беркутов, Ю.С. Медведев, Н.А. Владимирова, В.М. Сюзев, В.И. Зинковский). Работа по внедрению калифорниевых источников в медицине велась в тесном сотрудничестве со специалистами Всесоюзного научно-исследовательского института радиационной техники

(Н.Д. Тюфяков, Г.П. Елисютин, Е.А. Жуковский и др.) и института медицинской радиологии (Б.М. Втюрин). Радиобиологические исследования эффективности использования калифорниевых нейтронных источников для лечения злокачественных новообразований проводились в 10 медицинских центрах страны. Общее количество больных, прошедших курс нейтронотерапии, превысило 2000 человек.

В 1985 г. были разработаны открытые источники альфа-излучения на основе кюрия-244, предназначенные для элементного анализа пород космических тел методом обратного рассеяния альфа-частиц и рентгенофлуоресцентного анализа, и освоен их серийный выпуск (В.М. Радченко, М.А. Рябинин). Источники использовались в реализации международной космической программы «Фобос».

Большая роль в создании и развитии производства ТПЭ и источников нейтронов на основе калифорния-252 в НИИАР принадлежит сотрудникам Министерства среднего машиностроения Г. Л. Поповой, А. С. Маслаку, И.А. Охотиной, В.А. Давиденко. Вклад в создание и развитие производства, поддержание его в работоспособном состоянии внесли главный инженер НИИАР М.А. Демьянович, руководители и специалисты инженерных служб М.А. Баженов, Г.И. Масленников, Г.П. Лукьянов, Ю.И. Задворных, М.А. Матюнин, А.А. Чаусов и др.

Сегодня технологические установки НИИАР полностью обеспечивают потребности России в трансплутониевых элементах и источниках нейтронов на основе калифорния-252. Выполняется большой объем поставок радионуклидной продукции по заказам иностранных фирм. Выпускаемая НИИАР продукция отвечает всем требованиям безопасности, предъявляемым к ней. В производство радионуклидной продукции внедряется система качества, соответствующая требованиям международных стандартов.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РЕАКТОРЫ И ТРАНСПЛУТОНИЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

До 1985 г. информация по технологии получения трансплутониевых элементов (ТПЭ) и технологии изготовления изделий из препаратов этих элементов оставалась закрытой. Трудно сказать, с чем это было связано. По одно-

му из мнений — с надеждой найти для этих элементов какое-нибудь неожиданное применение. Работы по производству, изучению и применению элементов тяжелее урана и плутония в таблице Д.И. Менделеева для НИИАР практически начались с ввода в строй высокопоточного исследовательского реактора СМ-2.

Параллельно с освоением СМ-2 в НИИАР в ИАЭ им. И.В.Курчатова в реакторе МИР с 1959 г. началось облучение 100 г плутония с повышенным содержанием ^{240}Pu и ^{241}Pu , что позволило уже в 1963 г. в радиохимической лаборатории ИАЭ выделить и подготовить для дальнейшего облучения в реакторе СМ-2 первые партии смеси тяжелых изотопов плутония, америция и кюрия. В то время плохо представляли, какими осложнениями чреватые предстоящие работы на реакторе СМ-2.

Предстояло научиться получать искусственные элементы, располагавшиеся в самом конце Периодической системы Д.И. Менделеева, через многократный захват нейтрона ядром, используя в качестве источника излучения реактор с невиданной ранее плотностью потока излучения.

Даже сам уровень опасности этих элементов, относящихся к числу наиболее токсичных, не воспринимался, как следовало бы. Не было достаточной информации по поведению конструкционных материалов, обычно применявшихся в ядерной технологии, в необычных условиях, когда плотность потока нейтронов превышает $10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, а плотность радиационного энерговыделения составляет 40 Вт на 1 г материала.

Для достижения поставленной цели необходимо было изучить ядерные свойства многих изотопов тяжелых элементов, таких как плутоний, америций, кюрий, берклий, калифорний и эйнштейний. Те отрывочные сведения о результатах измерений и расчетных оценках, которыми тогда располагали, составляли малую толику от необходимого.

Предстояло создать расчетную модель очень сложного процесса, в котором одновременно протекает множество ядерных реакций, часть которых — полезные, а остальные — так называемые конкурирующие, не приводящие к желаемому результату. При этом, чтобы получить одно ядро калифорния-252 из ядра плутония-239, нужно осуществить последовательно 13 нейтронных захватов. При малом выходе по-

лезных продуктов требовалось организовать на реакторе наработку калифорния-250 в объеме нескольких десятков миллиграммов в год с перспективой расширения до сотен миллиграммов.

Весьма любопытным был тогда процесс долгосрочного планирования наработки ТПЭ, когда требовалось дать прогноз производства на несколько лет вперед. Схему процесса рисовали на длинном листе миллиметровой бумаги (1 см — 1 месяц), где прослеживался «путь» каждой мишени, каждого грамма сырьевых материалов и «судьба» промежуточных продуктов многостадийного процесса. Для непосвященного сеть изображенных линий, квадратов и условных значков напоминала, наверное, как минимум, план ГОЭЛРО. Большой рулон разрисованной миллиметровки хранился в секретном отделе и имел условное наименование «Простыня».

Загрузка стартового материала в мишени должна была достигать 1 г/см^3 , а глубина выгорания приближаться к 100%. Не было опыта дистанционного обращения с облученными изделиями, «мощность» излучения быстрых нейтронов которых за счет спонтанного деления тяжелых ядер составляла 10^{11} нейтр./с и больше.

Естественно, что такую сложную задачу мог решать только большой коллектив поэтапно, разбив ее на достаточно самостоятельные, но взаимосвязанные части. Вначале были измерены удельные скорости ядерных реакций в «тонких» образцах в различных облучательных устройствах, что давало хотя и очень приближенную, но надежную информацию о процессе накопления отдельных нуклидов. Эти данные были получены методами масс-спектрометрии в ядерно-физическом отделе под руководством Ю.С. Замятнина, В.Я. Габескирия и А.П. Четверикова.

В 1967 г. на первом горизонтальном нейтронном пучке реактора СМ-2 был введен в строй нейтронный спектрометр по времени пролета с магнитным подвесом роторов. Научное руководство измерениями ядерно-физических характеристик изотопов ТПЭ осуществляла Т.С. Беланова из лаборатории В.Н. Нефедова, а выполнялись работы в сотрудничестве и при научном кураторстве Института экспериментальной и теоретической физики. Активное участие в работах принимали Н.Г. Кочерыгин, С.Н. Ни-

кольский, С. И. Бабич, В. А. Коростылев, А.Г. Колесов, В.А. Ануфриев и другие сотрудники лаборатории.

В результате многолетних измерений установлено, что большинство тяжелых нуклидов характеризуется сложной структурой ядерных уровней, в том числе мощными резонансами поглощения и рассеяния нейтронов. Потребовалась математическая модель процесса, которая учитывала бы все его основные особенности и давала бы возможность с удовлетворительной точностью прогнозировать результаты многолетних облучений реакторных мишеней.

Первые «штатные» мишени из трансурановых элементов были загружены в реактор СМ-2 в марте 1964 г., что и стало началом процесса производства этих элементов в НИИАР. Большую проблему представляла собой тогда низкая «живучесть» мишеней. На начальном этапе работ мишени изготавливали только из плутония в Москве и только во ВНИИНМ группой А.Г. Каштанова.

Измерения физических характеристик облучательных устройств и мишеней выполняли на критических стендах реакторов СМ-2 и МИР. Особенно важно было получить экспериментальные оценки таких характеристик. Первые попытки загрузить сборку мишеней в центральный канал физической модели реактора МИР оказались неудачами.

С увеличением объема работ по получению нуклидов трансплутониевых элементов потребовалось создать собственную технологию изготовления мишеней. Причин для этого было несколько. Московские коллеги помогали в этом до тех пор, пока мишени требовалось изготавливать из материалов с не очень высокой γ -активностью. Настало время, когда появилась необходимость помещать в мишени значительные количества смеси тяжелых изотопов плутония, америция и кюрия, которые уже выделялись в радиохимическом отделе НИИАР в больших количествах. Перевозки этих промежуточных продуктов были небезопасными и требовали больших забот. Главным «застрельщиком» институтских разработок в этой области был Ю.В. Чушкин. Удалось в короткий срок создать коллектив, в котором проблема становления новой технологии быстро нашла решение.

Приняли простую и наиболее удобную для дистанционной технологии изготовления кон-

тейнерную конструкцию мишени с различными вариантами сердечников: с прессованными таблетками из смеси порошков оксида ТПЭ и алюминия, со стержнями из сплавов ТПЭ с алюминием или с виброуплотненными композициями. Испытывали и различные оболочечные материалы на основе алюминия (сплавы С-80, М1, М2 и др.), на основе циркония или из нержавеющей стали. Очень большая работа была выполнена по выбору способов герметизации мишеней группой сотрудников: В.И. Зинковским, Г.А. Стрельниковым, Е.А. Крыловым, Е.К. Ионовым, Н.С. Косулиным, В.Н. Сюезевым и другими.

Каждый ТПЭ имеет большое число изотопов, и у каждого свои физические характеристики. Программа наработки была многоплановой: сегодня требовалось получать в больших количествах технический плутоний-238 завтра — «биомедицинский», позже поэтапно возрастали потребности в калифорнии-252 и эйнштейнии-254.

Появилась необходимость в разработке и внедрении целого набора различных конструкций мишеней и облучательных устройств. Нельзя не сказать о тех, кто создавал используемую в этих работах водяную низкотемпературную петлю на реакторе СМ-2. В значительной мере благодаря их усилиям был возведен надежный барьер безопасности на пути распространения высокоактивных и токсичных продуктов, которые, особенно вначале, часто преодолевали первые барьеры безопасности и выходили из мишеней, несмотря на все принимавшиеся меры. Большой вклад внес в сооружение петли Е.П. Клочкин, а при отработке режимов и при обеспечении наработки ТПЭ — технический персонал смен и эксплуатационных служб Отдела исследовательских реакторов. Создание нужной «водной химии» легло на плечи Ю.Ф. Кулешовой, знания и опыт которой помогали эффективно вести процесс и предотвращать неприятные ситуации в ряде случаев за счет верных прогнозов по развитию зарегистрированных системами контроля дефектов в оболочках.

По инициативе В. А. Давиденко, Ю. С. Замятнина, В.А. Цыканова, А.Г. Рыкова и других были разработаны и стали широко использоваться в качестве облучательных устройств специальные топливные сборки реактора СМ-2, в которые можно было устанавливать

мишени. Вследствие очень жесткого спектра нейтронов и высокой плотности потока резонансных нейтронов здесь появилась возможность с высоким темпом накапливать обычно быстро выгорающие нуклиды.

Переход к широкомасштабному производству ТПЭ был бы невозможен без подключения к технологическому процессу их производства реактора МИР. Именно в облучательных устройствах реактора МИР удалось в 1970 г. разместить первые партии мишеней, содержащих килограммовые количества плутония.

В период с 1970 по 1980 г. наблюдался бурный рост активности работ по получению и исследованию свойств элементов в целом и их нуклидов, в частности, а также по расширению области применения. Нарастал и объем производства, количество калифорния-252 исчислялось уже десятками миллиграммов, оценивалась возможность и проводилась подготовка для получения сотен миллиграммов. Стала очевидной необходимость определенных усилий по оптимизации процесса наработки этого главного целевого изотопа. Высокопоточная ловушка реактора СМ-2 была единственным в стране источником для получения калифорния-252. Удалось найти способ так разместить мишени в центральной полости реактора, что резко возрастал темп наработки калифорния в отдельной мишени и более чем в полтора раза увеличивалось число одновременно облучаемых мишеней. Предложенное техническое решение оказалось высокоэффективным и было внедрено.

Но главный «двигатель» наших работ В.А. Цыканов требовал идти дальше и разрабатывать технические предложения по созданию специализированного исследовательского реактора нового поколения, который должен был прийти на смену реактору СП-2 и помочь поднять на новый уровень возможности для получения элементов, расположенных на границах Периодической системы Д.И. Менделеева. Им стал реконструированный из СМ-2 реактор СМ-3.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТРАНСПЛУТОНИЕВЫХ МЕТАЛЛОВ

Впервые в Советском Союзе и в России в период с 1968 по 1992 г. организациями НИИАР, ВНИИНМ, ВНИИЭФ проведены

многолетние исследования по получению, изучению структуры и свойств новых радиоактивных металлов. Результаты исследований являются уникальными и большей частью не имеют аналогов в мировой науке.

Работы по металлургии и металловедению начались в 1968 г. в НИИАР, когда были получены первые количества металлического плутония-238. В последующие годы были получены металлы — америций (1971 г.), кюрий-244 (1973 г.), кюрий-248 (1986 г.), берклий-249 (1985 г.), калифорний-249 (1984 г.) — и их сплавы. Исследования в области металлургии ТПЭ позволили разработать оригинальные методы получения и очистки новых металлов. Исследования в области металлофизики и металловедения позволили установить основные закономерности изменения кристаллической структуры, полиморфных превращений, физических свойств в ряду элементов актиноидной группы, а также сформулировать принципы легирования ТПЭ. Решение этих задач потребовало разработки уникальных методов и аппаратуры для исследования высокорadioактивных материалов в количестве от микрограммов до нескольких граммов. На основании обобщения опыта металлургии редкоземельных элементов, урана и плутония, термодинамического изучения возможных восстановительных реакций, проверки конкретных технологических схем на имитаторах разработаны высокоэффективные процессы кальцийтермического восстановления галогенидов плутония-238, америция и кюрия в «бомбе», прямого восстановления оксидов ^{238}Pu , Am, Cm, Bk и Cf лантаном, ураном и торием с выходом до 98%, аппаратура и методы вакуумного рафинирования и вакуумной дистилляции, обеспечивающие чистоту металлов до 99,9%.

Впервые в СССР — России получены пять новых металлов: плутоний-238, америций и кюрий в граммовых количествах, берклий и калифорний в миллиграммовых количествах. Синтезированы новые интерметаллические соединения: Pt_5An , Ir_2An , Rh_2An (An = Am, Cm, Bk, Cf), Pd_3Am , Pd_3Cm , Cm-Ni, Cm-Si. Получены новые сплавы Am и Cm с Pu, Pt, Pd, Al, Au, Np, а также сплав ^{238}Pu с Ga.

В области изучения трансплутониевых металлов установлено, что при нормальных условиях все исследованные трансплутониевые металлы имеют кристаллическую структуру в ос-

нове двойной гексагональной плотной упаковки (ДГПУ). В ряду ТПЭ от Am до Cf, исключая Cm, наблюдается закономерное уменьшение периодов решетки (актиноидное сжатие).

Исследованы кристаллическая структура и основные физико-механические свойства Am и Cm: коэффициенты термического расширения и электросопротивления в широком интервале температур, температура Дебая, плотность, микротвердость, пределы прочности ($\sigma_{\text{в}}$), пропорциональности ($\sigma_{0,2}$) и относительное удлинение (δ) при растяжении в нормальных условиях и изменение их зависимости от чистоты металла и времени хранения (самооблучения).

Исследования сплавов и соединений ТПЭ дали следующие результаты.

Построены диаграммы состояния Am—Pu и Cm—Pu, которые характеризуются широкими областями ГЦК и ОЦК твердых растворов.

В системе ^{238}Pu —Ga существует область твердых растворов на основе d-фазы плутония (подобно ^{239}Pu), устойчивая к пластической деформации и действию самооблучения при нормальных условиях.

Взаимодействие Am и Cm с алюминием приводит к образованию интерметаллических соединений $\text{Am}(\text{Cm})\text{Al}_4$ (структурный тип UA14) и $\text{Am}(\text{Cm})\text{Al}_2$ (фаза Лавеса) и эвтектик $\text{Al} - \text{Am}(\text{Cm})\text{Al}_4$ и $\text{Am}(\text{Cm}) - \text{интерметаллид}$.

Диаграммы состояния Pt—Am и Pt—Cm характеризуются наличием эвтектики $\text{Pt} - \text{Pt}_5\text{Am}(\text{Cm})$.

В отличие от платины, иридия и родия, палладий образует с Am и Cm твердые растворы (10—12% ТПЭ). Установлено существование интерметаллических соединений Pd_3Am , и Pd_3Cm с ГЦК-решеткой и заметной областью гомогенности.

Показано, что интерметаллиды Pt_5An имеют гексагональную решетку типа Cu_5Ca , интерметаллиды Ir_2An и Rh_2An — кубическую решетку типа Cu_2Me , интерметаллиды Ir_3Cm , Rh_3Cm — кубическую решетку типа Cu_3An (An = Am, Cm, Bk, Cf).

Исследован характер взаимодействия металлического кюрия с Ni, Si, Zr, U, Th, Au, Np. Обобщением и анализом экспериментального материала выявлены закономерности изменения структуры и свойств трансплутониевых металлов и сплавов.

С повышением номера элемента актиноидной группы происходит существенное изменение характера межатомной связи в металлическом состоянии. У первых актиноидов структура и свойства металлов обусловлены возрастанием *f*-характера гибридной 5*f*-6*d*-6*p*-7*s*-межатомной связи. В наибольшей степени она проявляется в металлическом состоянии U, Np и Pu: значительно снижаются температуры плавления (от 1750 °С для Th и 1550 °С для Pa до 640 °С для Np и Pu), появляется целый ряд полиморфных модификаций (три — для U и Np, шесть — для Pu) со сложной кристаллической структурой с ковалентно-металлическим характером межатомной связи.

Начиная с Am, происходит резкая делокализация 5*f*-электронов: повышаются температуры плавления (1176 °С для Am, 1350 °С для Cm), образуются высокосимметричные плотноупакованные структуры (ДГПУ, ГЦК, ОЦК) с металлическим типом связи. Свойства трансплутониевых металлов от Am до Cf (полиморфизм, термическое расширение, транспортные свойства) становятся близкими свойствам редкоземельных металлов цериевой подгруппы.

Ослабление *f*-характера межатомной связи у трансплутониевых металлов проявляется и при взаимодействии актиноидов между собой и с другими элементами периодической системы. Так, легирование плутония америцием и кюрием приводит к образованию широких областей твердых растворов на основе ГЦК и ОЦК-решеток, аналогично наблюдаемым в системах Pu-Al, Pu-Ga, Pu-In, Pu-Ce. При взаимодействии трансплутониевых и платиновых металлов образуются интерметаллиды, аналогичные по структуре соответствующим соединениям лантаноидов цериевой подгруппы.

Установленные закономерности позволяют уверенно прогнозировать структуру и свойства более далеких актиноидов, а также закономерности их сплавообразования.

Практическим воплощением результатов работы явилось изготовление различных изделий на основе трансплутониевых металлов и сплавов для приборостроения, медицины, ядерной, космической и оборонной техники, в которых используются уникальные ядерно-физические свойства ТПЭ. Важнейшими из них являются генераторы тепловой и электрической энергии на основе сплава плутония-238 с Ga; специальные нейтронные источники на основе ме-

таллического плутония-238; изделия сложной формы из металлического Am и Cm высокой чистоты для экспериментов по динамической сжимаемости: мишени со сплавными сердечниками для накопления в реакторе калифорния-252 и других ТПЭ; уникальные α -источники для космической техники из сплава кюрия с Pt. Показаны перспективы более широкого практического использования трансплутониевых металлов и сплавов.

Создана надежная теоретическая и экспериментальная база для получения, исследования и практического использования нового класса материалов с высокой радиоактивностью — трансплутониевых металлов и сплавов на их основе.

В НИИАР работа выполнялась в отделе материаловедения и технологии и в радиохимическом отделе.

Основной вклад внесли сотрудники института В.Я. Васильев, Н.С. Косулин, В.М. Радченко, А.Г. Селезнев, В.Д. Шушаков, В.А. Ступин, Р.Р. Дрозник, В. Л. Кирлис.

С 1980 г. вплоть до настоящего времени в НИИАР совместно с РФЯЦ ВНИИЭФ проводились фундаментальные и прикладные исследования по физике прямого преобразования ядерной энергии в оптическое (лазерное) излучение с целью создания мощных энергетических ядерно-оптических преобразователей.

Успешное развитие работ по ядерной накачке лазерных элементов, работающих в непрерывном режиме, поставило вопрос о возможности создания на их базе автономных лазерно-ядерных устройств с критической АЗ, т. е. реакторов-лазеров. Одной из задач являлась разработка технологии изготовления пленочного уранового энерговыделяющего элемента (ЭВЭЛ) для лазера с ядерной накачкой. Эти работы развернулись в лаборатории Н.С. Косулина в начале 80-х годов.

За короткое время в НИИАР были заложены основы и создана база для успешного решения одной из технических задач: разработки технологии изготовления эффективных, механически и радиационно стойких ЭВЭЛ для реакторно-лазерных устройств (РЛУ), в том числе обоснован и экспериментально опробован метод магнетронного ионного распыления для получения тонких слоев из урана и его сплавов в металлической фазе; создано оборудование для

полупромышленного изготовления ЭВЭЛ; экспериментально определен ресурс работы ЭВЭЛ.

Проведены исследования и испытания образцов. В результате изучения механизмов эжекции нейтральных атомов урана из тонких пленок под действием ОД и проведения ресурсных испытаний в реакторах СМ-2 и РБТ-6 предложены меры по увеличению ресурса ЭВЭЛ. Изготовлена первая партия ЭВЭЛ в количестве 300 шт., которая успешно используется в экспериментальных установках ВНИИЭФ в течение десяти лет. Создана технология и изготовлена партия топлива для формирования АЗ реактора-лазера.

Над решением этих задач с самого начала бесценно трудились Л.Л. Казаков, Л.Н. Коршунов, в последующем были подключены молодой специалист В.Н. Череватюк и инженер-технолог Ю.В. Савинков.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУ «АРБУС»

Реакторная установка «Арбус» (атомная реакторная блочная установка) смонтирована и пущена в НИИАР в 1963 г. Установка «Арбус» представляет собой транспортабельную блочную паротурбинную атомную электростанцию мощностью 750 кВт с параметром пара у турбины 25 ата и температурой 223 °С, напряжением генератора 400 В. Установка предназначалась для работы в районах Крайнего Севера. Основное оборудование АЭС выполнено в виде отдельных блоков, которые могут быть быстро доставлены на место строительства, смонтированы и пущены в эксплуатацию. Строительство и эксплуатация установки «Арбус» имело следующие цели: 1) проверить надежность работы оборудования при различных режимах; 2) провести подготовку обслуживающего персонала для подобных установок и отработать инструкции и требования к эксплуатации; 3) проверить правильность принятой технологической схемы и удобство общей компоновки станции; 4) отработать меры противопожарной безопасности при работе с различными органическими жидкостями, используемыми в качестве замедлителей и теплоносителей.

Блочная установка «Арбус» является двухконтурной установкой. Источником тепла в установке служит реактор с органическим теплоносителем и замедлителем. Отвод тепла от

реактора производится органическим теплоносителем, циркулирующим по замкнутому контуру. В качестве теплоносителя и замедлителя в установке успешно прошли испытания гидростабилизированной газойль, гидроторфинил и дитолилметан. Циркуляция первичного теплоносителя обеспечивается двумя электронасосами по двум параллельным петлям первого контура. Каждая петля имеет отдельный парогенератор (ПГ) и компенсатор объема (КО). Обе петли объединяются реактором. Поддержание постоянного давления в контуре осуществляется за счет газовой подушки, создаваемой в КО азотом.

В установке использован ПГ со свободным уровнем испарения. Наличие в парогенераторах большого объема кипящей воды позволяет использовать аккумулированную энергию ПГ при набросах электрической нагрузки турбогенератора, а также обеспечивает расхолаживание реактора при обесточении установки аварийными турбонасосами.

Второй контур установки водяной. Насыщенный пар, получаемый в ПГ, при давлении 25 ата поступает к турбине-приводу электрогенератора, мощность которого составляет 750 кВт. Пройдя турбину, пар поступает в конденсатор, охлаждаемый водой или антифризом. Питательный насос подает воду с температурой 104 °С из деаэратора в ПГ. Во втором контуре предусмотрено редуционно охлаждающее устройство (РОУ), перепускающее часть пара помимо турбины в конденсатор при повышении давления пара перед турбиной выше 25 ата.

В режиме АЭС установка отработала 789 эф. сут, выработано 94700 мВт · ч тепловой энергии. В 1979 г. в связи с возникшей потребностью использовать АЭС в качестве котельных для обеспечения теплом жилых поселков и промышленных предприятий установка «Арбус» реконструирована в трехконтурную (АСТ) для снабжения промплощадок НИИАР теплом. В режиме АСТ установка отработала 735 эф. сут выработано 88110 МВт · ч тепловой энергии. В 1988 г. в связи с отсутствием финансирования установка «Арбус-АСТ-1» остановлена и снята с эксплуатации.

Выбор органической жидкости в качестве замедлителя и теплоносителя обусловлен следующими факторами.

1. Низкая активация органического тепло-

носителя; наведенная активность его на выходе из реактора определяется главным образом содержанием в нем примесей и обычно на три порядка ниже активности водяного и на пять порядков ниже активности натриевого теплоносителя (в тех же условиях).

2. Коррозионная пассивность органического теплоносителя по отношению к конструкционным материалам; скорость коррозии углеродистых сталей составляет $0,7-0,8 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{мес})$ в диапазоне температур $250-350 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Отсутствие вскипания теплоносителя при гипотетической аварии с полным сбросом давления, поскольку температура теплоносителя в рабочем режиме ниже температуры его кипения при атмосферном давлении.

4. Низкая активность сбросов в вентиляцию, а также с трапными и душевыми водами при нормальной эксплуатации установки.

В работах по созданию и эксплуатации единственной в стране РУ «Арбус» с органическим реактором в г. Димитровграде были заняты: К. Полушкин, Ю.И. Токарев, (проект); А.С. Белов, В.Д. Тетюков (строительство); В.Д. Тетюков, Ярославцев, Н.Г. Фесенко, Е.Н. Дерягин, Г.И. Войнатовский, Г.Г. Василенко, М.Д. Стрельник, А.Н. Филатов, Муравьев, Давыденко и др. (эксплуатация); В.А. Цыканов, Ю.Н. Кормушкин, В.А. Старков, Е. К. Якшин, Л. Н. Рождественская, Е.И. Шкоков, М.К. Виноградов, Л.Г. Тебелев, Ю.В. Четкин и многие другие (исследования).

Первым научным руководителем был Ю.Н. Алексеев, а после реконструкции В.А. Цыканов. Первым главным инженером АЭС «Арбус» был В.Д. Тетюков, а после реконструкции и перевода в АСТ В.П. Почечура.

НИИАР И АТОМНЫЙ ФЛОТ

Началом использования ядерной энергии, как основного источника энергии для движения кораблей, принято считать 1952 г., когда А.П.Александров, Н.А. Доллежал и И.В. Курчатов написали докладную в Правительство о необходимости и практической осуществимости сооружения атомной подводной лодки, и 9.09.52 г. было принято соответствующее решение. Уже через год началось проектирование атомного ледокола «Ленин». Для первой загрузки были выбраны твэлы с сердечником

из диоксида урана. Однако уже первые годы эксплуатации показали, что при условиях, характерных для транспортных реакторов, такие твэлы не могут обеспечить необходимое выгорание и энерговыработку. В НИИАР первые сборки из реактора атомного ледокола «Ленин» исследовались в горячей лаборатории.

В соответствии с военной доктриной того времени было начато строительство боевых атомных кораблей ВМФ (атомные подводные лодки (ПЛА), надводные корабли (НК)). Выполнение этими судами тактико-технических задач во многом обуславливалось успешной работой ЯЭУ.

Освоение природных богатств Западной Сибири обуславливало необходимость решения проблемы проводки судов из Мурманска и Архангельска вдоль Северного морского пути, и поэтому нужны были новые атомные ледоколы большей мощности с более совершенными паропроизводительными установками (ППУ) и ректорами, которые могли бы обеспечивать работу без перезарядки реактора в течение 3–5 лет.

Поэтому особое место в разработке этой проблемы было отведено НИИАР с его реакторами СМ-2 и МИР, где были пущены петлевые контуры с параметрами, соответствующими теплофизическим параметрам работы реакторов ядерных ППУ. В 1966 г. запущена петля ВВП на реакторе СМ-2 и две петли с четырьмя каналами на реакторе МИР. В НИИАР возникло новое направление — ресурсные испытания твэлов и сборок реакторов транспортных установок. Руководителем работ стал В.А. Цыканов. Исследования проводились специалистами двух вновь созданных лабораторий: петлевые испытания проводились в лаборатории С-3 под руководством Е.П. Ключкова, послереакторные исследования проводила лаборатория М-5 под руководством Е.Ф. Давыдова.

Программа испытаний и исследований разрабатывалась совместно со специалистами, представляющими главных конструкторов и главных технологов заводов-изготовителей и научных руководителей из ВНИИНМ, Электро-механического завода, ОКБМ, ИАЭ им. И.В. Курчатова. Расчеты первых сборок были выполнены В.А. Куприенко и П.С. Смирновым для реактора МИР и Н.П. Матвеевым и Р.А.Тимченко для реактора СМ-2 в условиях явно недостаточных

сведений по теплофизическим свойствам топлива. Объем испытаний и исследований непрерывно возрастал, составляя в период 1972—1982 гг. более 15—25% общего объема НИОКР в НИИАР. Начиная с 1974 г. НИИАР вышел на уровень материаловедческих исследований, равный 10 топливным сборкам в год.

Экспериментальная база НИИАР использовалась для обоснования ресурса ППУ атомных судов по следующим направлениям.

1. Поиск новых радиационноустойчивых материалов. Решение этой проблемы связано с созданием разборных облучательныхборок «Гирлянда» благодаря оригинальной идее и конструкторским решениям, предложенным В.П. Костомаровым, Е.В. Коршуновым и другими из ВНИИНМ и Е.П. Ключковым, В.И. Цветковым из НИИАР (а современная «Гирлянда» есть плод дополнительных усилий В.А. Овчинникова). 4 июня 1974 г. первые блоки были загружены в реактор МИР. За короткий срок было испытано более 1500 твэлов почти 200 модификаций, различающихся материалом топлива и оболочки, а также в конструктивном плане. В 1974—1978 гг. были испытаны сборки с перспективными циркониевыми сплавами (в том числе из сплава 635), сборки с оболочками.

В это время были сформулированы причины разгерметизации оболочек твэлов и предложены пути их устранения. Венцом работы в конструктивном плане стали современные твэлы с центральным компенсатором распухания и твэлы с оболочками из сплава 630 и циркониевых сплавов.

2. Исследование влияния водно-химических режимов на работоспособность топливныхборок. В 1974 г. была введена в строй так называемая «Водно-химическая петля», задание на которую составили Е.П. Ключков и В.Г. Топорова, а проект выполнен во ВНИПИЭТ. Эта петля является универсальной как в плане соответствия материалам, используемым в ППУ атомных судов, так и в плане проведения теплофизических экспериментов с твэлами.

В 1972—1982 гг. на двух петлях реактора СМ-2 и в двух каналах реактора МИР были поставлены эксперименты: по влиянию содержания гидразин-гидрата в стояночном и перегрузочном режимах эксплуатации; по влиянию высокого содержания азота в воде; по динамике образования отложений на стальных оболочках

в режимах кипения воды, при пристеночном и объемном кипении. Были поставлены специальные опыты по двухванному методу дезактивации для обоснования его применения перед началом ремонтных работ на атомных судах. В этих работах участвовали Ю.И. Цветков, Ю.Ф. Кулешова, В.И. Ларин, В.Г. Топорова.

3. Через «горячую» лабораторию ежегодно проходило несколько сотен твэлов из реакторов транспортных установок, петлевыхборок и макетов твэлов из РОУ «Гирлянда». В период 1972—1982 гг. почти 1/3 объема исследований в «горячей» лаборатории приходилось на «транспортную» тематику. Л.М. Тучнин, Г.Л. Тебелева, А.А. Худяков, П.П. Гринчук, В.В. Шишин, В.И. Прохоров, чуть позднее А.Е. Новоселов, В.С. Белокопытов, А.Б. Андреева, Л.Н. Ступина и многие другие под руководством С.Н. Вотина, З.И. Четчкиной, Е.Ф. Давыдова и Ю.В. Чушкина «пропустили» через свои лаборатории не один десяток твэлов, не оставляя без внимания ни один из многочисленных вопросов. Среди исследованных были сборки, загруженные в реакторы атомных ледоколов «Сибирь» и «Арктика» после их походов в 1977 и 1987 гг. на Северный Полюс, а также сборки реакторов боевых кораблей.

На основе материаловедческих исследований большого числа твэлов и топливныхборок сформулированы основные закономерности их поведения под облучением в условиях эксплуатации транспортных реакторов, а рекомендации НИИАР вошли составной частью в соответствующие технические проекты.

4. Более 40 лет назад в этих реакторах была применена в качестве поглощающего материала смесь изотопов природного европия. Совместно со специалистами завода Полиметаллов в НИИАР, начиная с 1967 г. проводятся испытания и исследования макетов ПЭЛ. Пионером этих исследований была Т.М. Гусева, и затем в это направление включились З.И. Четчкина, В.Д. Рисованый и А.В. Захаров. Со стороны ОИР первые реакторные испытания проводили Е.П. Ключков, Н.П. Матвеев. Исследовались многие поглощающие композиции, в том числе гафний в оболочке и без оной, титанат диспрозия и выгорающие поглотители на основе гадолиния.

Каков же научно-технический и практический выход от исследований, сделанных за 30

лет в НИИАР? Относительное выгорание топлива составляет 50—75% исходной загрузки урана, что в несколько раз выше, чем у реактора типа В-1000. За эти годы энерговыработка увеличилась в 4—5 раз, а кампания реактора составляет 4—7 лет. Ресурс органов СУЗ с европием превышает 20 лет. Обеспечена круглогодичная навигация.

По результатам реакторных испытаний и материаловедческих исследований материалов и элементов транспортных реакторов защитили кандидатские диссертации Е.Ф. Давыдов, Л.М. Тучнин, В.В. Колосов, А.Е. Новоселов, П.С. Смирнов, В.А. Овчинников, В.Г. Топорова, А.В. Захаров, а докторские диссертации В.П. Клочков, В.Д. Рисованный.

И сегодня НИИАР не утратил своих связей с транспортными реакторами. В лаборатории А.Е. Новоселова Л.М. Тучнин, П.П. Гринчук и другие исследуют сборки, отработавшие свой срок, в лаборатории В.Д. Рисованого предлагают пути утилизации европия и его замены на экологически приемлемый материал и обосновывают новые поглотители.

В «послечернобыльские» годы эксперименты по безопасности, в том числе реакторов транспортных установок, стали возможны благодаря сооружению двух уникальных петель на реакторе МИР. Петли сооружались специалистами созданной для этих целей лаборатории под руководством А.Ф. Грачева. Эти петли используются не только под транспортную тематику, но и для экспериментов по безопасности стационарной ядерной энергетики.

ОТДЕЛ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И АВТОМАТИКИ

Для обеспечения единообразия измерений и проведения научно-исследовательских работ на высоком метрологическом уровне, а также для поддержания в работоспособном состоянии измерительной техники НИИАР в институте предусматривалось создание отдела контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА). Датой создания этого отдела можно считать 26 мая 1958 г. Первым начальником КИПиА в НИИАР стал В.В. Мукин, ранее работавший начальником службы КИПиА на предприятии «Маяк». Заместителем начальника отдела в 1960 г. был назначен Н.В. Буланов,

который также работал прежде на том же предприятии.

Согласно разработанному Положению об отделе КИПиА структура должна была состоять из следующих подразделений: участка по ремонту измерительных средств; лаборатории Государственной поверки; лаборатории по разработке новых средств измерений; групп учета планирования планово-предупредительных ремонтов (ППР) средств измерений и эксплуатации измерительной техники.

Первоначально, в 1956 г. весь институт располагался в здании барачного типа, которое находилось в поселке «Зеленый». Здесь же, в маленькой комнате располагались инженерно-технические работники отдела КИПиА (5 человек), которые занимались изучением проектов новых объектов, технологических систем, используемых на них, и выдачей замечаний по оснащению их приборами КИП.

В 1961 г. отдел был перемещен на промплощадку. Основной задачей отдела было обеспечение готовности систем КИП к пуску реактора СМ-2. Малочисленный отдел провел большую работу по подготовке измерительной техники к монтажу (ремонт, наладка и госповерка). Для ускорения пуска реактора СМ-2 сотрудники отдела КИПиА участвовали в монтаже и наладке систем КИП и СУЗ. Реактор СМ-2 был пущен в октябре 1961 г. без единого замечания в адрес КИП.

В 1965 г. было построено здание 122, в котором разместились следующие подразделения КИПиА.

1. Участок по ремонту, в состав которого вошли группы ремонта технологических приборов измерения расхода, давления, температуры; дозиметрических и радиометрических приборов; технических и лабораторных электроизмерительных приборов; приборов радиотехнических измерений.

2. Лаборатория государственной поверки средств измерений, состоящая из групп поверки технологических приборов измерения расхода, давления, температуры, уровня; электроизмерительных приборов; радиоизмерительных и дозиметрических приборов; линейно-угловых и весоизмерительных приборов; приборов физхимконтроля.

Руководители этих групп были опытными специалистами-метрологами, способными решать сложные вопросы, связанные с поверка-

ми средств измерений, и выполнять поверки особо ответственных приборов. Штаты групп были укомплектованы аттестованными госповерителями (З.И. Кустикова, Т.П. Трейдуб, Л.А. Комарова, Л.Я. Мельникова).

3. Лаборатория по разработке новых средств измерений с конструкторской группой.

4. Группа по централизованному учету и планированию ППР средств измерений по институту.

5. Группа по обслуживанию оборудования охранных систем. На объектах института были организованы службы КИПиА, подчинявшиеся методически отделу КИПиА.

Для обеспечения поверки и ремонта всей номенклатуры приборов института подразделения отдела КИПиА оснащались высокоточными образцовыми приборами и вторичными эталонами, которые приходилось направлять для сличения с высшими эталонами в органы Комитета стандартов, мер и измерительных приборов в Москву, Самару, Ульяновск и другие города.

Отделу КИПиА НИИАР первому по Главку было предоставлено право проведения государственной поверки и выдано «Регистрационное удостоверение». Это дало отделу возможность проводить государственную поверку приборов (за исключением образцовых приборов и эталонов).

Отделом КИПиА были разработаны и изготовлены специальные средства измерений. Так, еще при пуске реактора СМ-2 был разработан прибор для измерения малых разностей температур при широком диапазоне измерений абсолютной температуры в реакторных условиях. Приборы были изготовлены, аттестованы и установлены на реакторе СМ-2. Госкомитетом по делам изобретений этот прибор был признан изобретением и выдано авторское свидетельство (авторы Н.М. Белов, Н.В. Буланов, В.В. Мукин). Это было одно из первых авторских свидетельств в НИИАР.

В радиохимическом отделении ненадежно работали стандартные уровнемеры из-за тяжелых физико-химических и радиационных воздействий. Отделом КИПиА были разработаны (Н.В. Буланов, В.И. Сарайкин, Г.А. Никитин) многоступенчатые уровнемеры и сигнализаторы уровня, которые показали высокую надежность.

Для внутрореакторных измерений температу-

ры были разработаны малогабаритные и малоинерционные микротермопары (И.П. Лопарев, В.И. Сарайкин), освоено их изготовление (Н.И. Ключинцев, В.И. Казаков) и регулярное обеспечение ими научных подразделений. Отечественной промышленностью такие микротермопары не выпускались, но спрос на них был и у других предприятий, поэтому отдел КИПиА изготавливал микротермопары и сторонним организациям, в частности, были изготовлены микротермопары, необходимые для исследований двигателей космических аппаратов.

В отделе КИПиА разрабатывались новые поверочные установки, наладочные стенды (установка для автоматической поверки термопар, стенд для ремонта усилителей). Отделом КИПиА был разработан пооперационный метод ремонта технологических приборов. В связи с пуском в эксплуатацию реакторов ВК-50, МИР, БОР-60, вентцентра, ОЦПРО появилась проблема ремонта и поверки радиоактивно загрязненных приборов. Сначала были созданы небольшие группы ремонта загрязненных приборов непосредственно в подразделениях института. Одновременно по выданному отделом КИПиА и отделом главного механика проектаному заданию был разработан проект здания 151, в котором был предусмотрен специально третий этаж для ремонта загрязненных приборов. В здании 151, построенном в 1968 г., был организован участок по централизованному ремонту загрязненных приборов (К.П. Бекре-ев, Н.В. Лапшин), на котором работали специалисты Г. Д. Артамонов, М. П. Герасимов, Ф.С. Харисов, Н.А. Галиулин и др.

В 1976 г. комиссия Министерства присвоила отделу КИПиА, второму по отрасли и первому по институту, звание «Подразделение высокой культуры, научной организации труда и управления производством». Перенять опыт отдела приезжали представители метрологических служб Обнинска, Горького, Москвы и др.

В начале восьмидесятых годов измерительная техника института начала устаревать. Встала проблема замены устаревшей техники новыми средствами измерения. Отдел КИПиА совместно со службами КИПиА подразделений института разработал «Перспективный план метрологического переоснащения средств измерений на 1981—1985 гг.» Удалось заменить около пяти тысяч устаревших приборов. В дальнейшем руководство института решило проводить мет-

рологическое переоснащение совместно с реконструкцией реакторных установок, в частности реактора СМ-2. Таким образом поддерживался уровень измерительной техники на должной высоте.

В 1983 г. в институте было введено метрологическое обеспечение НИР и ОКР. Под научным руководством заместителя директора института В.Б. Иванова в составе отдела КИПиА на базе лаборатории новых разработок была создана научная лаборатория метрологического обеспечения НИР и ОКР (начальник А.В. Инчагов), которая проводила метрологическую экспертизу научно-технической документации, метрологическую аттестацию нестандартизованных средств измерений.

В 1986 г. начальником отдела КИПиА был назначен канд. техн. наук В.И. Шипилов, заместителем начальника отдела В.Н. Буланов. В 1986—1996 гг. лаборатория метрологического обеспечения (МО НИР) провела ряд важных работ по аттестации нестандартных средств измерений и методик выполнения измерений и расчета: разработку и аттестацию методик количественного анализа содержания урана, плутония и трансплутониевых элементов в смешанном уран-плутониевом топливе, а также методик контроля окружающей среды (А.В. Чернов, Т.В. Ризаева, И.В. Рогожина); аттестацию расходомеров натриевого теплоносителя для быстрых реакторов БН-350 и БН-600 (М.Ф. Симонова); разработку и аттестацию методик расчета тепловой мощности реакторов СМ-2, БОР-60, ВК-50 (Ю.А. Кушнир); разработку и аттестацию методик измерения эффективности органов СУЗ, запаса реактивности, градуировку нейтронных датчиков для реакторных установок института (В.А. Кушнир, Т.В. Ризаева, И.В. Рогожина).

В 1990 г. группой разработки новых средств измерений (В.В. Карпунин) были разработаны и внедрены автоматизированные комплексы проверки радиотехнических приборов на ПЭВМ «Мера-60» и проверки и исследования термоэлектрических преобразователей на ПЭВМ «ДВК-3» и «Нейрон».

В 1991 г. по программе «Товары народного потребления» в отделе был разработан дозиметр «Комит» (О.С. Кучкин, К.И. Казаков,

Г.П. Сизиков) и освоен его серийный выпуск. Всего было изготовлено 200 дозиметров «Комит», которые успешно применялись для обнаружения и контроля источников ионизирующих излучений.

Одна из основных задач отдела — проведение ремонта и модернизация приборов в строго установленные сроки (регламенты ППР реакторных установок) во все годы выполнялась точно, без единой задержки, и в этом большая заслуга сотрудников бюро централизованного ремонта (начальника А.Ф. Самсонова, технологов В.В. Ургапова, А.И. Трейдуб, К.И. Казакова, бригадиров Ф.С. Харисова, В.В. Полиенко, В.Н. Просолупова, Н.А. Тропицина, слесарей КИПиА Ю.Г. Комиссарова, В.Ш. Гизатулина, Ф.И. Просолуповой и др.), сотрудников производственно-хозяйственного бюро (И.В. Елизарова, А.В. Никонова, Г.А. Никитина, С.К. Бочкарева и др.).

В начале 90-х годов для оптимального управления парком приборов НИИАР было принято решение создать автоматизированный комплекс управления состоянием средств измерений НИИАР. Комплекс создавался в два этапа. На первом этапе в 1992 г. была разработана и внедрена в эксплуатацию автоматизированная система управления производством АСУ «Транзит» (В.Н. Буланов, Л.А. Шимбарева). Внедрение системы позволило четко организовать учет всех средств измерений, поступающих в отдел КИПиА на поверку и ремонт, оптимально планировать работы, формировать все отчетные документы по каждому исполнителю и заказчику, оперативно распределять трудовые и материальные ресурсы.

На втором этапе, в 1996 г. была разработана автоматизированная система АСУ «Метролог» (В.Н. Буланов, Т.Ф. Андреева, Е.И. Кожуханова, Р.А. Габунова), которая позволила организовать формирование и ведение информационной базы всех средств измерения ГНЦ НИИАР; формирование графиков ППР средств измерений для всех подразделений ГНЦ НИИАР; контроль выполнения графиков.

Соединением систем АСУ «Транзит» и АСУ «Метролог» завершилось создание единого автоматизированного комплекса управления состоянием приборного парка НИИАР.

Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС)

А.А. Абагян, Л.М. Воронин, Б.Я. Березин

Институт образован в 1979 г. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 5 июня 1979 г. В постановлении сказано об образовании Всесоюзного научно-исследовательского института по эксплуатации атомных электростанций в системе Министерства энергетики и электрификации СССР. На институт возлагались «функции головной организации по проблеме обеспечения эксплуатации действующих АЭС». В то время в СССР в эксплуатации находилось уже 17 энергоблоков — на Белоярской, Нововоронежской, Билибинской, Кольской, Ленинградской и Курской АЭС, причем все АЭС, кроме Ленинградской, относились к Минэнерго СССР.

Следует подчеркнуть, что в те годы в условиях плановой экономики с ее лимитами по труду, заработной плате и т.д. образование нового всесоюзного института в Москве было связано с огромными трудностями.

Практика и опыт эксплуатации подтвердили, что решение об образовании ВНИИАЭС явилось вполне обоснованным и дальновидным.

Идея создания Института (Л.М. Воронин, В.М. Болдырев и др.) впервые возникла в 1970 г. и принадлежала А.Н. Григорьянцу, бывшему тогда начальником Главатомэнерго Минэнерго СССР. В 1970 г. в Главатомэнерго входили две действующие АЭС — Белоярская (два энергоблока) и Нововоронежская (два энергоблока). Целый ряд энергоблоков находился в стадии строительства — на Нововоронежской, Кольской, Курской, Билибинской и других АЭС. Ядерная энергетика СССР интенсивно развивалась. Поэтому с 1968 г. в уже существовавших институтах Минэнерго СССР начали создаваться отдельные подразделения, предназначенные для решения различных вопросов по ядерной тематике — в ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского, в Научно-исследовательском секторе Гидропроекта им. С.Я. Жука, в ОКБ Института высоких температур. Однако, именно потому, что ядерная энергетика планировалась всерьез и надол-

го, возникла идея о создании в системе Минэнерго СССР института, который бы комплексно и постоянно занимался проблемами эксплуатации АЭС и проводил бы научно-техническую поддержку эксплуатации всех АЭС.

У этой идеи были открытые противники, в частности, тогдашнее руководство ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского. На этом этапе идее не суждено было осуществиться.

В сентябре 1973 г. был введен в эксплуатацию I энергоблок Ленинградской АЭС с реактором РБМК-1000 — головной энергоблок такого типа. Опыт его эксплуатации вскоре показал, что возникает целый ряд вопросов, которые необходимо решать для обеспечения безопасности и надежности энергоблока в процессе эксплуатации. Энергоблоки этого типа строились уже на Курской и Чернобыльской АЭС. Научно-техническая поддержка эксплуатации была актуальна и для действующих АЭС с реакторами ВВЭР. К тому же в соответствии с планом ускоренного развития ядерной энергетики в СССР в ближайшие годы должен был состояться ввод в эксплуатацию ряда новых энергоблоков АЭС в системе Минэнерго СССР. Создалась ситуация, когда все АЭС, кроме Ленинградской, были в Минэнерго СССР, а все научно-исследовательские и проектно-конструкторские предприятия и организации, связанные с созданием реакторных установок АЭС, оставались в Минсредмаше СССР. Понимая эту ситуацию, министры Е.П. Славский и П.С. Непорожний пришли к выводу о необходимости образования в системе Минэнерго СССР научно-технического предприятия, которое осуществляло бы научно-техническую поддержку эксплуатации АЭС.

В 1973 г. состоялось заседание коллегии Госкомитета по науке и технике Совета Министров СССР, на котором было принято решение (протокол от 23.02.1973 г., № 13 подписан Д.Г. Жимериным): принять предложение Минэнерго СССР об организации в составе предприятия МГДУ (магнито-гидродинамиче-

ская установка) научно-исследовательского сектора (НИС). Были установлены основные направления научно-исследовательской деятельности НИС: научные исследования в области МГД-электростанций на твердом топливе и жидкометаллических МГД-генераторов и в области атомных электростанций. Это решение коллегии было закреплено постановлением Госкомитета по науке и технике (от 2 апреля 1973 г., № 96).

Экспериментальная база предприятия МГДУ была на ТЭЦ-22. Административные и инженерно-технические подразделения размещались в здании бывшего клуба бывшей деревни Выхино (на Рязанском шоссе). В 1973—1974 гг. недалеко от этого места на пустыре были построены два одноэтажных длинных деревянных дома («бараков», как называли их все, кто когда-либо работал на предприятии МГДУ и затем в НПО «Энергия») и установлено десятка полтора вагончиков. В этих строениях и размещался Научно-исследовательский сектор МГДУ (ул. Ферганская, 25).

В 1974 г. приказом Министра энергетики и электрификации СССР П.С. Непорожного (от 28.02.1974 г., № 85) на базе предприятия МГДУ Главатомэнерго и Перловского опытного завода треста «Энергомеханизация» Главэнергостроймеханизации было создано научно-производственное объединение «Энергия» (НПО «Энергия») в Москве (ул. Ферганская, 25). Директором НПО «Энергия» стал В.А. Башилов, главный конструктор предприятия МГДУ.

Направления научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ определялись тематическим планом, утверждавшимся Главатомэнерго и согласовывавшимся с Госкомитетом по науке и технике. Ядерная тематика включала такие направления, как обеспечение надежной и безопасной эксплуатации АЭС; оптимизация топливных циклов; разработка методов и средств периодического контроля металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов АЭС; совершенствование водных режимов АЭС; создание макетов тренажеров для подготовки оперативного персонала АЭС; исследование свойств материалов, используемых в работающих и проектируемых АЭС при воздействии излучения, температуры и давления; разработка нестандартного технологического оборудования для АЭС.

В 1974 г. по тому же адресу (ул. Ферганская,

25) началось строительство 18-этажного современного здания лабораторно-конструкторского корпуса (ЛКК) для НПО «Энергия». А пока шло строительство, вплоть до 1985 г., когда здание практически было готово, подразделения НПО «Энергия» размещались в тех же бараках и домиках-вагончиках, а также в арендуемых в разных районах Москвы зданиях и помещениях.

В 1974 г. в НПО «Энергия» стали приходиться специалисты по ядерной тематике: Г.А. Шашарин, В.А. Мамет, Б.Я. Прушинский, А.Я. Швец, Д.Л. Бродер, Г.Н. Ушаков, выпускники МИФИ, МЭИ и других вузов В.Б. Кириллов, Б.К. Кудрявцев и др.

В 1975 г. по рекомендации Министра среднего машиностроения Е.П. Славского директором НПО «Энергия» был назначен чл.-корр. АН СССР В.И. Субботин, работавший до этого назначения в Физико-энергетическом институте в Обнинске.

Е.П. Славский также предложил усилить НПО «Энергия» специалистами из различных институтов и предприятий Минсредмаша. Сюда пришли А.А. Абагян, М.Н. Арнольдов, М.Д. Абрамович, Д.Н. Сорокин, М.Х.-Г. Ибрагимов, С. Н. Вотинов, Л. И. Трахтенберг, А.Г. Иолтуховский, В.Н. Гуляев, Г.Н. Яковлев, В.М. Дмитриев, С.А. Лесной, Л.П. Хамьянов и многие другие.

В 1975 г. Министр П.С. Непорожный утвердил новую структуру НПО «Энергия». В его состав были включены филиал НПО «Энергия» (г. Ереван), Перловский опытный завод, Электрогорская научно-испытательная станция (г. Электрогорск).

В структуре Объединения были образованы: отделение физико-технических проблем АЭС; отделение эксплуатации АЭС; отделение ядерно-физических проблем АЭС; отделение перспективных направлений энергетики; отделение по МГД-тематике; опытно-конструкторское бюро; экспериментальное опытное производство.

Основные усилия сосредотачивались на ядерной тематике. В 1974—1975 гг. в работах по ядерной тематике прилагались большие усилия по организации взаимодействия с действующими АЭС, Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова, Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ), ОКБ «Гидропроект» и др. Совместно с ИАЭ им. И.В. Курчатова и Шатурской

ГРЭС после большой подготовительной работы была создана Государственная испытательная станция термоядерных и ядерных реакторов в г. Шатуре. Там должны были проводиться полномасштабные испытания узлов, агрегатов, натурных секций разрабатываемых объектов ядерной и термоядерной энергетики.

Особенность НПО «Энергия» 1975—1977 гг. состояла в том, что целый ряд направлений его деятельности не был непосредственно связан не только с проблемами действующих АЭС, но с ядерной энергетикой вообще. Это находило отражение и в структуре научных подразделений. Например, было отделение термоядерных исследований, лаборатории импульсных систем, методов преобразования энергии и т. п. Проблем с набором ученых и инженеров всех специальностей не было. Приходили они из многих московских и немосковских институтов и предприятий. В отделе кадров была очередь. Так продолжалось с середины 1975 г. до середины 1976 г.

Надо сказать, что в истории НПО «Энергия» это был своего рода романтический период с большими планами по созданию крупного научного центра, где работы бы велись по широкому кругу проблем, связанных не только с эксплуатацией АЭС. Но этим планам не дано было сбыться. В сентябре 1978 г. генеральным директором НПО «Энергия» был назначен Б.Б. Батуров, руководитель одного из главных управлений Минсредмаша. С его приходом вновь был поднят вопрос о создании института по эксплуатации атомных электростанций. К этому времени (1978 г.) в СССР уже находилось в эксплуатации 17 энергоблоков на АЭС. Еще ряд блоков был близок к вводу в эксплуатацию. Опыт эксплуатации постоянно убеждал в необходимости научно-технической поддержки действующих АЭС и осуществления в этой области единой научно-технической политики. Тем не менее, образование института сдерживалось Минфином и Госпланом СССР.

В марте 1979 г. произошла тяжелая авария на II блоке АЭС «Три-Майл-Айленд» в США. Анализ причин этой аварии, хода ее развития, действий оперативного персонала приводил к решению о необходимости научно-технической поддержки действующих АЭС, являющихся промышленными объектами повышенной опасности, и постоянного «отслеживания» и повышения уровня их эксплуатации.

В США более 50 организаций, эксплуатировавших АЭС, быстро отреагировали на эту аварию и создали Институт по эксплуатации АЭС (г. Атланта).

Министры Е.П. Славский и П.С. Непорожний вновь заявили о необходимости образования Института по эксплуатации АЭС в СССР. Письмо в Правительство СССР с таким предложением было подписано Министром среднего машиностроения СССР Е.П. Славским, Министром энергетики и электрификации СССР П.С. Непорожним, Председателем Госкомитета по науке и технике академиком В.А. Кириллиным и Президентом АН СССР академиком А.П. Александровым. Большая подготовительная работа на этом этапе была проделана начальником ВПО «Союзатомэнерго» В.П. Невским, генеральным директором НПО «Энергия» Б.Б. Батуровым и другими специалистами.

Совет Министров СССР постановлением от 5 июня 1979 г. в целях дальнейшего развития работ по совершенствованию научно-технического уровня эксплуатации атомных электростанций и обеспечения их надежной и безаварийной работы принял предложение Минэнерго СССР, Минсредмаша СССР, Академии наук СССР, согласованное с Государственным комитетом по науке и технике и другими ведомствами об организации в г. Москве Всесоюзного научно-исследовательского института по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС) Министерства энергетики и электрификации СССР на базе подразделений НПО «Энергия». При этом Совмин СССР возложил на институт «функции головной организации по проблеме эксплуатации атомных электростанций и установил основным направлением его деятельности проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по повышению надежности, безопасности и экономичности атомных электростанций».

В соответствии с приказом Министра энергетики и электрификации П.С. Непорожного, утвердившего Устав и организационную структуру НПО «Энергия», ВНИИАЭС стал головной структурной единицей НПО «Энергия». Были введены также новые подразделения: «филиал ВНИИАЭС в г. Ереване» вместо «филиала НПО «Энергия» в г. Ереване»;

«филиал ВНИИАЭС — Электрогорская научно-испытательная станция» вместо «Электрогорская научно-испытательная станция НПО



ВНИИАЭС

«Энергия»; «Опытный завод экспериментального и энергетического оборудования НПО «Энергия» вместо «Перловский опытный завод НПО «Энергия». В 1980 г. Министр Минэнерго СССР П.С. Непорожний утвердил изменения в организационной структуре НПО «Энергия», в соответствии с которыми была введена новая структурная единица — опытно-конструкторское бюро «Горизонт», образованное на базе подразделений НПО «Энергия», работавших по МГД-тематике. В 1983 г. ОКБ «Горизонт» был выделен в самостоятельное предприятие. Однако физического разделения с НПО «Энергия» пока не произошло, и они функционировали на одной территории вплоть до 1985 г., когда было закончено строительство 18-этажного здания ЛКК. НПО «Энергия» целиком заняло это здание, а ОКБ «Горизонт» разместился в здании на Донском проезде, 8.

В апреле 1984 г. генеральным директором НПО «Энергия» был назначен А.А. Абагян, работавший до этого первым заместителем генерального директора.

В 1991 г. в связи с распадом Советского Союза ВНИИАЭС НПО «Энергия» лишился своего филиала в г. Ереване. В 1992 г. вышел Указ Президента Российской Федерации «Об эксплуатирующей организации атомных станций

Российской Федерации», в соответствии с которым эксплуатирующей организацией стал концерн «Росэнергоатом», а в число предприятий, непосредственно обеспечивающих поддержку эксплуатации атомных станций, вошло НПО «Энергия». В 1992 г. Опытный завод экспериментального и энергетического оборудования НПО «Энергия» выделился в самостоятельное предприятие. ВНИИАЭС стал правопреемником НПО «Энергия», а слово «всесоюзный» в названии института было заменено на «всероссийский».

Теперь это Государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций». Институт имеет дочернее предприятие в г. Электрогорске — Электрогорский научно-исследовательский центр по безопасности атомных станций (ЭНИЦ) и филиал в г. Кашире — Государственный научно-испытательный центр оборудования атомных станций (ГосНИЦАЭС), располагающие стендовой базой для выполнения экспериментальных исследований по теплогидравлике, эрозии и коррозии конструкционных материалов, ударно-волновым процессам, возникающим в аварийных режимах на АЭС, и другим явлениям и процессам, имеющим место при эксплуатации АЭС.

За время, истекшее после образования, ВНИИАЭС стал крупным научным центром ядерной энергетики. В институте получили развитие следующие направления:

- 1) создание и ведение банка эксплуатационных данных всех действующих АЭС, позволяющих научно-обоснованно оценивать надежность и безопасность АЭС и планировать меры по повышению уровня безопасности АЭС;
- 2) анализ отказов оборудования и систем АЭС, а также ошибочных действий персонала;
- 3) исследование реальных процессов, возникающих в работе АЭС в стационарных, переходных и аварийных режимах, и выработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности и безопасности энергоблоков АЭС всех типов;
- 4) оптимизация режимов эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов АЭС, включая научное обоснование водно-химических режимов, нейтронно-физические расчеты топливных загрузок активных зон реакторов всех типов, а также радиационный контроль на АЭС и вокруг них в зонах наблюдения;

5) научное и методическое руководство разработкой принципов, технических средств и методик проведения контроля металла и диагностики состояния оборудования и трубопроводов (ВНИИАЭС выполняет функции головной материаловедческой организации в отрасли);

6) научное обеспечение обучения и переподготовки эксплуатационного персонала АЭС (ВНИИАЭС является головной конструкторской организацией в стране по созданию полномасштабных тренажеров и специальных технических средств для обучения эксплуатационного персонала АЭС);

7) разработка рекомендаций, касающихся методов и технических средств, применяемых при обращении с радиоактивными отходами;

8) научно-методическое обеспечение работ по снятию энергоблоков с эксплуатации после исчерпания их ресурса.

К числу достижений института следует отнести:

1) осуществление успешного научного руководства пуском целого ряда энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 (на Балаковской, Калининской, Запорожской, Южно-Украинской и других АЭС), энергоблоков с РБМК-1000 на Курской, Чернобыльской и Смоленской АЭС;

2) создание и обеспечение функционирования системы сбора, анализа и обработки информации по отказам и надежности оборудования и систем действующих АЭС;

3) разработка полномасштабных математических моделей энергоблоков с реакторами типа ВВЭР и РБМК, позволяющих проводить исследования переходных и аварийных режимов АЭС;

4) разработка, создание и поставка на АЭС с ВВЭР 1000 полномасштабных тренажеров для подготовки и тренинга оперативного персонала;

5) разработка совместно с другими организациями и предприятиями технологии восстановительного отжига корпусов реакторов типа ВВЭР и успешное проведение такого отжига на ряде АЭС;

6) разработка и внедрение на действующих АЭС системы эксплуатационного контроля состояния металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов;

7) разработка и внедрение автоматической системы химконтроля теплоносителя II контура на АЭС с ВВЭР;

8) разработка номенклатуры и выполнение

эксплуатационных нейтронно-физических расчетов по формированию топливных загрузок реакторов ВВЭР на действующих АЭС;

9) выполнение огромного объема работ в процессе ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, направленных на решение неотложных задач как на самой Чернобыльской АЭС, так и в прилегающей 30-ти километровой зоне (с участием ВНИИАЭС установлены формы состояния радиоактивных выбросов и уровни загрязнений территории и водного бассейна, разработаны мероприятия по дезактивации);

10) разработка математической модели аварийного процесса в реакторе Чернобыльской АЭС и анализ причин аварии.

В настоящее время ВНИИАЭС осуществляет функции головной организации по проблемам эксплуатации атомных станций в Российской Федерации и осуществляет научное руководство эксплуатацией АЭС от ввода в эксплуатацию до снятия с эксплуатации.

ВНИИАЭС взаимодействует с МАГАТЭ, ВАО АЭС и другими международными организациями по проблемам безопасности АЭС. Учитывая современные международные требования к атомным станциям, основывающиеся на приоритете безопасности, институт развивает новые направления деятельности, в частности, по обеспечению качества при эксплуатации: по разработке и внедрению инструкций по симпомно-ориентированным действиям персонала в аварийных ситуациях, по разработке организационно-технических мероприятий по управлению АЭС в кризисных ситуациях, по внедрению в практику эксплуатации принципов культуры безопасности.

В заключение целесообразно отметить, что образование ВНИИАЭС обусловлено всем ходом развития ядерной энергетики и предшествующим опытом эксплуатации АЭС. Обоснованность решения об образовании ВНИИАЭС подтверждается последующим опытом эксплуатации АЭС и вкладом ВНИИАЭС в повышение безопасности АЭС и уровня эксплуатации в целом. Образование и развитие института связано с такими именами, как Е.П. Славский, П.С. Непорожний, А.П. Александров, В.А. Кириллин, А.Н. Григорьянц, В.П. Невский, В.И. Субботин, Б.Б. Батуров, А.А. Абгян, Л.М. Воронин, В.М. Болдырев, Г.Н. Ушаков, М.Х.-Г. Ибрагимов, Е.П. Ларин и др.

Научно-производственное объединение «Луч»

И. И. Федик

История Научно-производственного объединения «Луч» начинается с создания в г. Подольске Опытной установки в составе Государственного института редких металлов (Гиредмет). Директором Опытной установки был назначен В.Н. Костин*, бывший до этого главным



Костин
Владимир Николаевич,
первый директор Опытной
установки в 1946—1947 гг.



Бучихин
Петр Иванович,
директор Опытного завода
в 1947—1951 гг.

инженером подольского оловозавода. Главным инженером стал Г.Е. Каплан — начальник лаборатории Гиредмета.

Первой задачей Опытной установки было создание опытно-промышленного производства (рассматривавшегося в те годы в качестве потенциального ядерного материала) из монацитовых концентратов различных месторождений с попутным получением соединений тория и редкоземельных элементов. В первый же год было организовано производство индия и таллия, а немного позднее и галлия.

В 1947 г. директором Опытной установки стал П.И. Бучихин**, ранее работавший глав-

ным технологом Завода «А» в Москворечье. Организационная структура предприятия была для того времени необычной. На основе лабораторных разработок Гиредмета оперативно создавались небольшие цеха в исключительно короткие сроки.

Первыми лабораториями, созданными в составе Опытной установки, были химико-аналитическая (1946 г., А.С. Дмитриева), спектральных методов анализа (1946 г., Е.А. Каневский), механических испытаний (1947 г., А. Д. Папков), коррозионных испытаний (1948 г., Б. И. Каспарова), радиометрическая (1948 г., С. И. Евстигнеев), рентгено-спектральная (1948 г., И. Ф. Штауберг).

В 1949 г. Опытная установка приобрела статус Подольского опытного завода (ПОЗ). В этом же году ПОЗ, сохраняя хозяйственную и производственную самостоятельность, был подчинен НИИ-10, и в его составе в мае 1953 г. переведен в НТУ Первого Главного Управления при СМ СССР. В апреле 1955 г. Приказом министра среднего машиностроения ПОЗ выведен из состава НИИ-10 с подчинением НТУ министерства.

В 1951 г. при организации НИИ-10 П.И. Бучихин стал его директором. Подольский опытный завод возглавил Д.Д. Соколов, впоследствии зам.начальника НТУ министерства, лауреат Ленинской премии.

Опытный завод в этот период занимался многими важными разработками. В 1955 г. в нем появился научно-исследовательский отдел (НИО), разрабатывавший новые технологии производства многих материалов и изделий. Результаты исследовательских работ, главным образом по технологии редкоземельных элементов, бериллия и циркония, были внедрены

* Впоследствии В.Н. Костин стал заместителем министра цветной металлургии, лауреатом Ленинской и Государственной премий.

** В последующем стал директором НИИ-10 (ВНИИХТ), лауреатом Ленинской и Государственной премий.



Соколов
Дмитрий Дмитриевич,
директор Опытного завода
в 1951—1959 гг.



Петров
Арсений Феодосьевич,
директор Опытного завода
в 1959—1962 гг.

В 1962 г. директором института НИИТВэл стал лауреат Ленинской и Государственных премий, профессор М.В. Якутович. С этого времени начинается новый период в жизни предприятия, связанный с бурным развитием и становлением института. Идет интенсивное строительство новых зданий и оснащение современным научным оборудованием. Большой вклад в этот процесс внесли А.П. Мышко и Н.А. Усанов. Формируется основной кадровый состав. Приглашаются для работы высококвалифицированные специалисты. Создается аспирантура и специализированный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций. За эти годы в институте были защищены более 250 диссертационных работ, из них около 50 на соискание ученой степени доктора наук. С этого времени начинается активная разработка ТВС ЯРД и твэлов различных ЯЭУ космического назначения.



Якутович
Михаил Васильевич,
директор НИИТВэл
в 1962—1969 гг.

В 1969 г. директором института становится академик АН Грузии, лауреат Государственной премии И.Г. Гвердцители. При нем активное развитие получают работы по созданию термоэмиссионных преобразователей космической установки «Енисей».

С 1976 по 1978 г. обязанности директора института исполнял заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат Государственной премии, академик РАЕН, профессор И.И. Федик.

В 1989 г. директором института был назначен лауреат Ленинской и Государственных

на нескольких заводах, что создало предприятию и его НИО определенную известность.

В 1959 г. директором ПОЗ стал лауреат Государственной премии А.Ф. Петров, который до этого работал в г. Глазове. К этому времени Опытный завод, имея научно-исследовательский отдел и большое количество лабораторий, был по существу технологическим институтом с опытным производством, что и было узаконено соответствующими директивными решениями.

Постановлением СМ СССР от 25 августа 1960 г. № 933-390 и приказом МСМ № 0330 от 7 сентября 1960 г. Подольский Опытный завод был преобразован в Научно-исследовательский институт тепловыделяющих элементов (НИИТВэл) с опытным заводом и передан в подчинение ГКАЭ. Решением коллегии ГКАЭ от 28 июня 1961 г. определены основные направления работ НИИТВэл:

1) разработка высокотемпературных твэлов на основе карбидов и графита, а также дисперсионного и сплавного типа на основе жаропрочных металлов для специальных реакторных установок и термопреобразователей;

2) разработка конструкционных материалов и технологии изготовления изделий из них для оболочек высокотемпературных твэлов на основе жаропрочных металлов и сплавов;

3) разработка технологии получения редкоземельных элементов в виде оксидов и металлов применительно к требованиям ядерной науки и техники.



Гвердцители
Иракий Григорьевич,
директор ПНИТИ
в 1969—1976 гг.



Гордеев
Владимир Филиппович,
директор ПНИТИ
в 1978—1989 гг.



Федик Иван Иванович,
и. о. директора ПНИТИ
в 1976—1978 гг.,
директор НПО «Луч» и
НИИ НПО «Луч» с 1989 г.
по настоящее время

стал Государственным научно-исследовательским институтом НПО «Луч» (ГНИИ НПО «Луч»), Опытный завод стал акционерным обществом, а Объединенная экспедиция — Институтом атомной энергии Республики Казахстан.

В жизни предприятия следует выделить, по существу, три периода: первый — 1946—1961 гг. — от создания опытной установки Гиредмета и Подольского опытного завода до создания Научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов; второй — 1962—1990 гг. — от создания НИИТвэл, Подольского научно-исследовательского технологического института (ПНИТИ) и НПО «Луч» до конверсии, вызванной государственной перестройкой; третий — от 1991 г. — конверсионный период.

РАБОТА ПРЕДПРИЯТИЯ В 1946—1961 ГГ.

премий В.Ф.Гордеев. Он активно стал развивать новое направление — создание металлооптических зеркал и лазерную тематику.

В 1989 г. директором НИИ НПО «Луч» был избран и одновременно назначен директором НПО «Луч» И.И.Федик. Начался период работы института, связанный с конверсией, поиском новых тем, важными изменениями в стране.

В настоящее время в институте работают доктора наук И. И. Федик, Ю. В. Николаев, С. В. Алексеев, К. П. Власов, Н. М. Власов, Е. К. Дьяков, В. А. Зайцев, П. В. Зубарев, В. П. Исаков, В. С. Колосов, Р. Я. Кучеров, А.Г. Ланин, Х.И. Макеев, Р.Н. Марагинский, Б.В. Нерубайло, П.П. Олейников, А.С. Панов, Л.Н. Пермяков, А.В. Пустогаров, М.Л. Таубин, О.И. Шанин и более 130 кандидатов наук.

Название института претерпело несколько изменений. В 1966 г. НИИТвэл стал называться Подольским научно-исследовательским технологическим институтом (ПНИТИ), в состав которого вошли научные подразделения, Опытный завод и Объединенная экспедиция (Семипалатинск-21). В 1989 г. ПНИТИ преобразуется в Научно-производственное объединение, «Луч» (НПО «Луч»), в который входят Научно-исследовательский институт (НИИ НПО «Луч»), Опытный завод (ОЗ НПО «Луч») и Объединенная экспедиция (ОЭ НПО «Луч»).

В связи с распадом СССР и изменением государственной политики НИИ НПО «Луч»

Производство *тория* началось в 1946 г. и продолжалось до 1951 г. В цехе № 1 (нач. цеха А.Т. Середенко) производились соли тория, а в цехе № 2 (нач. цеха Н.Н. Чеботаев, затем А.А. Судариков) — металлический торий. Металл получали в виде порошка, который затем мог прессоваться в блочки. Со стороны Гиредмета в работе участвовали докт. техн. наук Г.А. Меерсон, Т.А. Успенская, Е.И. Гольдина. Всего было выпущено около 650 кг металлического тория и более 7 т его соединений. Впоследствии технология производства тория была передана Заводу «А» (Москворечье).

В 1947 г. был организован цех № 4 (нач. цеха Д.Д. Соколов, затем А.П. Варганистова) по производству *индия*, *галлия* и *таллия*. Начальником группы Гиредмета по этой тематике был К.А. Большаков. Исходным сырьем служили отходы цинкового производства. Металлический индий в первый период выделяли электролизом, позднее цементацией на листах из алюминия. Индий выпускался в виде небольших слитков массой около 150 и 300 г. До 1953 г. было выпущено около 210 кг индия высокой чистоты. Впоследствии технология производства индия была передана на Челябинский цинковый завод.

Технология получения галлия была разработана в 1948 г., а в 1949 г. впервые в стране началось производство этого металла. Технология включала процессы экстракции и электро-

лиза. К 1956 г. было выпущено около 50 кг галлия. Технология производства галлия была передана на Волховский алюминиевый завод.

Производство таллия проходило в 1947—1949 гг. совместно с индием и галлием. Использовались приемы препаративной химии. Было выпущено около 20 кг металлического таллия и около 200 кг карбоната и нитрата таллия.

Работы по получению *редкоземельных элементов* были начаты в 1947 г. в цехе 3 (нач. цеха В.Н. Степанов). Научным руководителем был профессор И.Н. Заозерский (Тимирязевская СХА) со своими сотрудниками. В работе активно участвовали представители Гиредмета, ГЕОХИ АН СССР (М.М. Сенявин — ионно-обменная хроматография), ИФХ АН СССР (Г.В. Корпусов — экстракция). Были реализованы дробное осаждение, дробная кристаллизация нитратов и броматов, использованы методы, основанные на аномальной валентности некоторых РЗЭ (церий, самарий, европий, иттербий).

В работах по получению РЗЭ участвовали сотрудники химико-технологической лаборатории (нач. лаборатории Л.Э. Бертина) ПОЗ: Ф.Д. Иозефович, Е.П. Жиров, П.М. Середенко, Т.С. Санович, И.В. Ескевич. В 1956 г. была организована металлургическая лаборатория (нач. лаборатории Л.А. Ижванов). Используя метод дистилляции РЗЭ в вакууме, были получены РЗЭ высокой чистоты. Большой вклад в эти работы внесла группа, руководимая Н.П. Вершининым. Впервые в стране было выпущено следующее количество чистых РЗЭ и их оксидов:

Элемент	Выпуск чистого металла, кг	Выпуск оксидов, металла, кг
Иттрий	170	400
Лантан	42	—
Церий	4	—
Празеодим	6,5	9
Неодим	19	160
Самарий	1,0	60
Европий	0,5	2,5
Гадолиний	5	62
Тербий	1,2	4
Диспрозий	3	60
Гольмий	2	10
Эрбий	2	50
Тулий	0,35	5,5
Иттербий	1,6	40
Лютеций	0,3	5,5

Впоследствии технология производства РЗЭ была передана на заводы в г. Пышма (Урал) и завод «ПОЛИМЕТАЛЛ» (г. Москва).

В 1949 г. на Опытном заводе под руководством академика Н.П. Сажина была смонтирована опытная установка по производству *титана*. В 1953 г. на базе этой опытной установки был создан Подольский химико-металлургический завод. Технологическая схема, разработанная на ПОЗ совместно с Гиредметом, обеспечила создание отечественной титановой промышленности.

Ниобий получали на заводе в виде металлического порошка, отделяя его от тантала. Всего было изготовлено около 430 кг изделий из ниобия. Технология получения ниобия вместе с технологией тантала была передана впоследствии на Завод «2А» (г. Усть-Каменогорск).

Технология производства *тантала* была заимствована у Московского электролампового завода. Организованное на заводе отделение во главе с В.Г. Прониным, а затем А.М. Блиновым позволило ежегодно производить до 1500 кг металлического тантала. Впоследствии технология производства танталовых изделий была передана в Усть-Каменогорск.

Начиная с 1947 г. Опытный завод активно занимался производством *бериллия* и изделий из него. Научное руководство от Гиредмета осуществляли И.Е. Вильконирский, Г.Ф. Силина, М.Б. Рейфман. От ПОЗ эти работы возглавляли В.Н. Семакин, Т.А. Справцев, Я.Н. Туренко, Л.Э. Бертина, Л.Б. Нежевенко, Д.С. Львовский, А.А. Судариков, Л.А. Ижванов, А.К. Савенко, И.И. Корнилов, Р.Г. Фрайштут. Впервые в стране был осуществлен промышленный выпуск бериллия ядерной чистоты и налажено производство изделий из него и его оксидов. За период 1952—1965 гг. завод выпустил более ста наименований различных изделий массой свыше 42 000 кг. Так, впервые в стране были изготовлены детали бериллиевых гироскопов, которые использовались в автоматических космических аппаратах, направленных на Марс и Венеру. Из бериллия и его оксида были изготовлены отражатели нейтронов для различных типов реакторов (ВВРМ, МР-2, «Ромашка», СМ-2 и др.). Часть изделий поставлялась за границу. Впоследствии технология получения бериллия, его оксида и изделий из него были переданы в Усть-Каменогорск.

В 1972 г. за работы по совершенствованию технологии бериллия и улучшению его свойств группе сотрудников НИИ-9, Ульбинского металлургического завода и начальнику лаборатории ПОЗ Л.А. Ижванову была присуждена Государственная премия.

В 1954 г. Опытному заводу было поручено освоение технологии производства и выпуск пластичного циркония и изделий из него. Эти работы велись в широкой кооперации со многими институтами и предприятиями. Куратором решения этой задачи со стороны министерства был Ю.С. Семендяев. Уже в 1954 г. было выпущено 781 кг иодидного циркония, в 1955 г. — 1142 кг, а в 1956 г. — 2477 кг. Это позволило обеспечить потребность в цирконии для реактора атомного ледокола «Ленин». За работу по созданию промышленного производства циркония были награждены орденами гл. инженер Б.Г. Игнатъев, нач. лаборатории Л.А. Ижванов, руководитель группы И.И. Корнилов. Важную роль в этом производстве также сыграли А.Т. Середенко, Ю.М. Казимиров, Н.М. Соколов, В.И. Артемьев, В.И. Климчак, Е.И. Стражников, П.А. Гудович. Впоследствии технология производства циркония и изделий из него была передана на МЗШ, завод № 544.

С 1951 г. на Опытном заводе проводились работы по извлечению урана из руд (в основном бедных) различных месторождений. Потом эти технологические схемы передавались на соответствующие предприятия (Нарва, Курдайское месторождение и др.).

Одновременно на заводе проводились работы по созданию сплавов на основе урана и тория, а также изделий из них. Были разработаны технологии получения сплавов U-Be, U-Th, Th-Be, U-Be-Th, U-Al и налажен промышленный выпуск некоторых из них. Эти работы явились предшествующими для развития производства твэлов на заводе.

В 1955 г. положено начало работ по *тепловыделяющим элементам*. Работы проводились совместно с НИИ-9, ИАЭ, ВИАМ под их научным руководством. Первой разработкой было создание технологии производства уран-бериллиевых сердечников (совместно с НИИ-9), и в 1956 г. начат их выпуск. В 1957 г. совместно с ВИАМ начата разработка технологии производства трехслойных трубчатых твэлов на основе циркония. Для других аппаратов вместо циркония стали использовать алюминий. В 1958—

1959 гг. совместно с ИАЭ им. И.В. Курчатова была разработана технология изготовления фторопластовых дисперсионных пластинчатых твэлов для физических стендов. Начиная с 1962 г. завод стал производить высокотемпературные твэлы на основе графитов и карбидов (реактор «Ромашка», реактор «БН-5» и др.).

РАБОТА ПРЕДПРИЯТИЯ В 1962—1990 ГГ.

Тепловыделяющие сборки и активные зоны ядерного ракетного двигателя. По заданию министерства институт начал разрабатывать высокотемпературные материалы, топливо, твэлы и тепловыделяющие сборки (ТВС) для ядерного ракетного двигателя (ЯРД). Были созданы расчетно-конструкторский отдел во главе с лауреатом Ленинской премии Я.А. Ханиным, технологический отдел (начальник — заслуженный изобретатель РСФСР Б.Г. Игнатъев), материаловедческий отдел (начальник — А.Л. Эпштейн), испытательный отдел (начальник — Д.К. Ширяев).

Разработка ЯРД шла в союзе с другими организациями. В 1966 г. был выпущен эскизный проект исследовательского высокотемпературного газоохлаждаемого реактора ИВГ-1. В качестве рабочего тела использовался водород, нагреваемый в ядерном реакторе свыше 3000 К. Для ТВС были предложены крестообразные и пластинчатые витые твэлы. Основы технологии изготовления, конструкция твэлов и нагревных секций были заимствованы из ВНИИНМ, где они разрабатывались под руководством Р.Б. Котельникова, Е.К. Дьякова и Ю.В. Кошелева.

Общее руководство разработкой ТВС реактора ИВГ-1 осуществлялось академиком Российской Академии технологических наук, профессором И.И. Федиком. Конструкторские работы проводились под руководством Е.К. Дьякова. Теплогидравлические и прочностные расчеты проводились под руководством И.И. Федика, Ю.Н. Подладчикова, Е.Б. Попова и Г.Н. Чернышева. Разработка технологии производства твэлов выполнялась коллективами Л.Б. Нежевенко и Н.И. Полторацкого. Разработка технологии конструкционных высокотемпературных керамических деталей ТВС и ее внедрение в производство проводились под руководством нач. лаборатории, Лауреата премии СМ СССР, Г.И. Бабаянца. Нанесение

карбидных покрытий на твэлы выполнялось в лаборатории В.Ф. Функе. Метрология температуры в ТВС реализовывалась В.И. Наливаевым. Сборка конструкции ТВС отработывалась в лаборатории, руководимой И.М. Семеновым и М.Ф. Тищенко. За исследования, проведенные на этих установках, Ю.А. Краснощеков совместно с Ю.В. Курочкиным и А.Б. Карабутом были удостоены Государственной премии СССР. Материаловедческие исследования проводились под руководством Т.А. Андриевского, А.Г. Ланина, П.В. Зубарева, М.Л. Таубина и Р.А. Лютикова. Были проведены реакторные испытания разработанных твэлов.

С 1970 г. завод активно включился в работы по созданию стендовых прототипов ЯРД. Заключительным этапом этой работы явилась окончательная сборка комплекта технологических каналов в объединенной экспедиции в конце 1971 г., проводившаяся бригадой во главе с главным инженером завода Р.Г. Файштутом.

Следующим этапом развития этих работ было изготовление трех комплектов каналов и отражателей из бериллия для реактора установки ИБ91, выполненное заводом в период 1973—1976 гг.

Особо следует отметить вклад в эти разработки сотрудников завода: Р.Г. Фрайштута, Я.Н. Туренко, Д.С. Львовского, Ю.А. Краснощекова, Ю.И. Казиминова, А.Н. Пилюгина, О.Д. Чепеля, В.С. Колгунова.

В 1972 г. был проведен физический, а в марте 1975 г. — энергетический пуск реактора ИВГ-1. Эти пуски были реализованы на опытной базе института в Семипалатинске-21. Энергетический пуск прошел успешно. В период с 1975 по 1988 гг. было проведено 30 пусков реактора. Впервые в СССР в реакторе была достигнута температура рабочего тела на выходе из активной зоны более 3000 К. За эту работу И.И. Федик и Е.К. Дьяков совместно с другими были удостоены Государственной премии СССР.

Следует отметить, что в осуществлении этих работ большую роль сыграли директора института М.В. Якутович, И.Г. Гвердцители.

Параллельно с созданием ТВС для реактора ИВГ-1 шла разработка технологических каналов для установок ИБ92 и ИБ91. Эти реакторы имели более высокие характеристики, не-

обходимые для ЯРД. Испытания ТВС для этих установок успешно прошли в феврале и сентябре 1976 г. В последующем были разработаны ТВС для реакторов с другими рабочими телами (азотом, водой). Эти активные зоны были реализованы и прошли испытания. Так, в реакторе с азотным теплоносителем была достигнута температура газа свыше 2500 К.

На базе реактора ИГР с установленными в нем азотными ТВС был создан газодинамический лазер. На стенде были получены высокие удельные съемки энергии с единицы расхода массы газа. Лучшие результаты превышали 40 кВт мощности в луче при расходе газа 1 кг/с. Конструктором установки был В.М. Снегирев.

Всего по этому направлению были спроектированы и испытаны более десяти активных зон с ТВС ЯРД.

Особый интерес представляет разработка многорежимной ядерно-энергетической установки, которая работает, как при малой мощности в течение значительного времени, так и при большой мощности в течение половины ресурса основного режима. Такие испытания были осуществлены в 1983—1984 гг. на реакторе ИР-100 № 2. ТВС были заполнены гелием, а снаружи охлаждались азотом. Было проведено шесть успешных пусков этой установки. По этой тематике в институте было защищено около 100 докторских и кандидатских диссертаций.

Термоэмиссионные ядерные энергетические установки. В 1964 г. в содружестве с ИАЭ им. И.В. Курчатова и ЦКБМ (Ленинград) институт приступил к созданию новой ЯЭУ с непосредственным преобразованием тепловой энергии деления ядерного топлива в электрическую. Сердцем ЯЭУ являлся малогабаритный ядерный реактор со встроенными термоэмиссионными электрогенерирующими каналами (ЭГК).

Работы получили широкое развитие в 1969 г., когда директором института и научным руководителем проблемы стал И.Г. Гвердцители. В этом же году в институт переводится группа специалистов Сухумского физико-технического института. Организуются специализированные лаборатории — расчетно-теоретическая (руководитель Р.Я. Кучеров), конструкторская (руководитель В.Л. Гординский), технологическая (руководитель Б.Ш. Кишмахов), испытательная (руководитель Э.М. Чижова). Основ-

ные работы по созданию ЭГК были сосредоточены в отделе профессора Ю.В. Николаева, который вскоре стал руководителем всей проблемы вместо И.Г. Гвердцители.

В короткий срок была разработана оригинальная конструкция одноэлементного ЭГК. Ее основными отличиями и преимуществами были: разделение полостей межэлектродного зазора (МЭЗ) и твэлов, размещение электрической изоляции вне паров цезия и открытая полость твэлов, что позволяло проводить испытания ЭГК и всей ЯЭУ с помощью электронагревателей — имитаторов твэлов.

В качестве оболочек эмиттера впервые в мире были применены монокристаллические Мо, W и их сплавы (Б.А. Оплеснин и Г.А. Рымашевский, А.И. Евстюхин).

Конструкция твэлов и модели поведения топлива в ресурсе разработаны А.С. Гонтарем. Состав и технология топливных композиций разрабатывались под руководством Е.М. Ракитской, Л. Н. Пермякова, В. А. Зайцева, В. Н. Загрязкина.

Керамические изоляционные материалы, в том числе лейкосапфир, стойкие при высоких температурах в парах цезия, изоляторы и металлокерамические узлы из них были получены в лаборатории А. П. Белоусенко.

Сваркой и пайкой разнородных и тугоплавких материалов занимались А. В. Коробов и А. Н. Королев. Сборкой и механической обработкой деталей ЭГК Р.Н. Семин. Стендовые и реакторные испытания ЭГК проводились под руководством С.А. Еремина и О.Л. Ижванова. В результате этих испытаний был получен и подтвержден трехгодичный ресурс ЭГК.

Параллельно с одноэлементным ЭГК велись разработки многоэлементных ЭГК. Последние, обладая повышенным напряжением, позволяют снизить омические потери на внутреннем сопротивлении и могут быть использованы в ЯЭУ большей мощности. В 1986 г. были начаты работы по созданию многоэлементных ЭГК для установки ИБ97 с реактором на быстрых нейтронах.

Всего по термоэмиссионным преобразователям были получены более 300 авторских свидетельств, защищено около 60 докторских и кандидатских диссертаций. С 1973 г. регулярно проводился единственный в стране семинар по проблеме «Физика и технология ЭГК». Участие ПОЗ в термоэмиссионной тематике

привело к резкому повышению общего технического и организационного уровня завода.

Высокие технические требования к конструкции и надежности аппарата побуждали ученых института к созданию новых материалов и покрытий.

За эти годы на ПОЗ были освоены уникальные технологические процессы обработки высокоточных длинномерных труб из монокристаллического молибдена (материал катода), сплава молибдена с рутением (материал анода); технологический процесс покрытия монокристаллическим изотопом вольфрама осаждением из хлоридной газовой фазы на монокристаллическую подложку молибдена; уникальный технологический процесс получения дистанционаторов из оксида скандия, которые позволили обеспечить ресурс ЭГК при наземных ядерных испытаниях в соответствии с техническим заданием до трех лет и более. С целью повышения прочности монокристалла молибдена — материала катода ЭГК в цехе № 6 был освоен технологический процесс легирования его вольфрамом. Освоение в цехе № 6 технологического процесса выращивания лейкосапфировых труб и получения из них высокопрочных изоляторов в термовводе позволило повысить ресурс электрогенерирующего канала до пяти лет.

Постоянное совершенствование конструкции и производства изделий, комплектующих аппарат «Енисей», позволило повысить его надежность с 500 ч непрерывной наработки в начале 70-х годов до пяти лет в конце 80-х. В 1986 г. группа сотрудников предприятия: И.А. Каретников, В.А. Репий, Г.А. Рымашевский, Р.Г. Фрайштут, А.А. Ястребков за работы по усовершенствованию материалов ТЭП была удостоена Государственной премии СССР.

Большой вклад в развитие термоэмиссионной тематики ПОЗ внесли специалисты: В.И. Баранов — руководитель цеха № 6 на начальной стадии освоения производства ЭГК, Г.В. Савватимов — ведущий технолог ПОЗ по производству ЭГК, Ю.И. Казимиров — начальник цеха № 8, освоивший производство топливного сердечника на основе высокообогащенного диоксида урана, В.М. Куприков — начальник цеха № 2 и специалист по производству бериллиевых отражателей и замедлителей из гидрида циркония, О. Д. Чепель —

начальник цеха № 10, освоивший в своем коллективе высококачественные процессы покрытия, А.П. Мирошников — организатор цеха № 4 и участка термовакуумных испытаний, А.Н. Пилюгин — многие годы главный технолог ПОЗ.

Серийное производство комплектующих изделий аппарата «Енисей» осуществлялось в течение 20 лет в период 1970—1990 гг. За эти годы на ПОЗ были укомплектованы более 30 аппаратов для ресурсных электрических и наземных ядерных испытаний.

Твэлы для высокотемпературных газовых реакторов. Одним из важных направлений деятельности института была разработка твэлов для различных реакторов. Так, металлургическая, химическая и нефтехимическая промышленность, производство водорода (как реагента и экологического топлива) требовали создания источников тепла с температурой теплоносителя 700—900 °С и выше. С этой целью за рубежом были созданы демонстрационные высокотемпературные гелиевые реакторы (ВТГР), которые успешно эксплуатировались в Великобритании, ФРГ и США. Реакторы такого типа предназначены для выработки электроэнергии и высокопотенциального тепла. В них использовались дисперсионные уран-графитовые твэлы, где в графитовой матрице размещались микротвэлы (МТ) — сферические топливные частицы (Ø 200—500 мкм) с многослойными керамическими покрытиями. Это существенно повышало экологичность и безопасность таких установок за счет удержания продуктов деления в объеме твэлов.

Первые исследования по технологии получения МТ были начаты в институте с середины 60-х годов в лаборатории Ю. Л. Кудрявцева. С сентября 1974 г. под руководством зам.директора института по научной работе А.С. Черникова начались активные работы по проблеме разработки и создания шаровых уран-графитовых твэлов для первых проектируемых в стране реакторов типа ВТГР: АБТУ (ВГР-50), ВГ-400, ВГМ. Ведущим конструктором был назначен Ю.В. Кошелев, ведущим технологом Н.И. Полторацкий, с 1977 г. — Л.Н. Пермяков, а с 1885 г. — Л. И. Михайличенко. Организация производственных участков по изготовлению МТ и шаровых твэлов на опытном заводе института осуществлялась

под руководством главного инженера завода Ю. А. Краснощекова.

Было создано несколько конструкций шаровых твэлов: сборная и монолитная (двух- и трехзонная). Отработана технология их изготовления в условиях опытно-промышленного производства, подготовлены исходные данные для проектирования промышленного производства шаровых твэлов монолитного типа.

Испытания и исследования свойств твэлов и их компонентов проводились в лабораториях А.Г. Ланина, Р.А. Лютикова, Л.Э. Бертиной, а разработка средств и методов контроля — в лабораториях Н.В. Боголапова, В.П. Денискина, позже П.П. Олейникова и В.Г. Косых. Расчетно-теоретическое обоснование конструкции и МТ осуществлялось профессором В.С. Колесовым, В.С. Еремеевым, И.В. Колупаевым, профессором В.Н. Михайловым. Обзорно-аналитическое обеспечение разработки проводилось З.А. Шокиной, В.И. Столяровым и Л.В. Мирошкиным.

Высокий уровень разработки шаровых твэлов ВТГР в институте отмечен награждением 15 сотрудников медалями ВДНХ, а пяти молодым сотрудникам присуждена премия Ленинского комсомола.

Кроме шаровых твэлов ВТГР под научным руководством А.С. Черникова созданы также: керметные твэлы оболочкового типа для ядерного реактора малогабаритной передвижной установки «Памир», в которой в качестве теплоносителя применяется химически активный тетраоксид азота; керметные твэлы оболочкового типа для реактора 75А; оболочковые твэлы для реактора на быстрых нейтронах БР-10 (топливо — мононитрид урана); ТВС реактора СМГ с топливом из уран-гидрид-циркониевой композиции. Технология изготовления такого топлива разработана в лаборатории Г.И. Пепкина, а сборка и сварка ТВС — в лаборатории А.В. Коробова.

Конструкторские работы по керметным твэлам оболочкового типа для ЯР установки «Памир» возглавлял Л. А. Шумкин, а затем В. Н. Киселев, ведущим технологом был Л. Н. Пермяков.

Расчетно-теоретическое обоснование конструкции проводили А.М. Казаков, С.С. Гаврилин и др. Теоретическими исследованиями течения диссоциирующего теплоносителя занимался профессор В.М. Жданов. Коррозион-

ная стойкость керметных сердечников этих твэлов исследовалась в лаборатории Л.Э. Бертиной. В 1982 г. на опытном заводе института был изготовлен комплект твэлов для двух активных зон ПАЭС «Памир», которые успешно прошли первый этап испытаний в энергетическом режиме.

Материаловедение тугоплавких соединений и гидридов. В связи с разработкой твэлов и ТВС для высокотемпературных ядерных реакторов, в институте были проведены широкие исследования по изучению свойств различных реакторных материалов, предназначенных для эксплуатации в достаточно жестких условиях.

В широком диапазоне температур (20—3000 °С) были исследованы теплофизические и механические свойства карбидов циркония, ниобия и их твердых растворов с ураном; нитридов, карбидов, карбонитридов урана, гидрида циркония, иттрия и титана в зависимости от структуры, стехиометрии, примесей, легирующих добавок и т. д. Эти работы проводились профессором А.Г. Ланиным, Г.А. Рымашевским, М. Л. Таубиным, П. П. Олейниковым.

Установлено, что карбиды и моносоединения урана имеют вакансионно-диффузный и дислокационно-диффузионный механизмы ползучести. Анализом процессов разрушения материалов занимались В.С. Егоров, В.А. Соколов, Н.А. Бочков, С.А. Притчин, И.М. Заливин. Изучение электрических, магнитных, гальваномагнитных и других свойств проводилось В.И. Савиным. За исследование прочности, ползучести и релаксации напряжений тугоплавких материалов П.В. Зубарев и Л.Н. Деметьев были удостоены в 1982 г. премии СМ СССР.

Изучением диффузии занимались А.С. Панов, В.С. Еремеев, В.Н. Загряжкин, Ю.Ф. Хромов, Э.М. Федоров. Исследования кинетики и механизма взаимодействия монокарбидов переходных металлов IV—V групп периодической системы, монокарбида урана и их твердых растворов с водородом проводились в лаборатории Ю.А. Краснощекова, а с азотом и аммиаком — В. Д. Дараганом и А. Д. Сенчуковым.

Коррозионная стойкость топливных и конструкционных материалов изучалась в лаборатории Р.М. Альтовского. Работы по защите от коррозии бериллия были обобщены им в специальной монографии.

Вопросы регенерации урана из брака и отходов производства твэлов исследовали З.А. Прокофьева, Е.И. Михайличенко, К.С. Юдина (гидрометаллургия), Ю.Н. Кузнецов, В.П. Исаков (газовые методы). Эти работы легли в основу технологии переработки урановых отходов в специально созданном цехе (нач. цеха Г.С. Малинин).

Широкое развитие в институте получила гидридная тематика. Она была связана с разработкой замедлителей, отражателей, биозащиты для различных ядерно-энергетических установок. В результате были созданы высокотемпературные гидридные материалы и технологические процессы их изготовления, обоснована работоспособность конструкции замедлителей и биозащиты на их основе для различных ЯЭУ, выполнен ряд основополагающих работ по технологии и материаловедению этого класса соединений. Результаты исследований обобщены сотрудниками института в виде монографий и научных статей. Большой вклад в эти разработки внесли А.Л. Эпштейн, Р.А. Андриевский, Л.А. Ижванов, А.С. Черников, Е.Б. Бойко, Г.И. Пепекин.

Задачами нанесения защитных покрытий на различные материалы и изделия занималась лаборатория, руководимая А.А. Бабад-Захряпиным.

Работы по радиационному материаловедению начались в институте с 1964 г. в отделе Д.К. Ширяева. Проектирование устройств для таких испытаний и их метрологическое обеспечение проводились коллективами под руководством А.Г. Завражина, А.В. Кондрашова и В.Я. Якубова. Так, в период с 1964 по 1984 г. было разработано и внедрено более ста типов различных внутриреакторных устройств, которые были успешно испытаны на реакторах ВВР-СМ (ИЯФ АН УзССР), ИВВ-2М (Свердловский филиал НИКИЭТ), ИРТ (ИЯЭ АН БССР), ВВР (ИЯИ АН УССР), БОР-60 (НИИАР), установка «100» (Семипалатинск-21).

В 1963 г. на опытном заводе был создан цех по изготовлению твэлов на основе диоксида урана, карбида и фосфида урана, гидрида уран-циркония.

В цехе было изготовлено топливо для активных зон реакторов «Ромашка», «Василек», «Костер», «Фокус», «БИГР», «Алмаз» и др.

ПОЗ обладал набором уникального оборудования, уникальными технологиями и персона-

лом, в совершенстве управлявшим этими возможностями. Завод был оснащен высокотемпературным термическим оборудованием ($T_{\text{раб}}$ до 3000 °С), комплексом оборудования порошковой металлургии, электронно-лучевым сварочным оборудованием, установками горячего прессования, точным механообрабатывающим станочным парком, газостатическими установками, установками выращивания монокристаллов.

На заводе изготавливались твэлы на основе металлического урана, уран-бериллиевого сплава, карбидов, оксидов, нитридов, фосфидов урана. Была освоена технология производства топлива в виде микроэлементов с многослойными защитными покрытиями применительно к газовым энергетическим установкам типа «Памир» и АБТУ. Заводом был освоен выпуск конструктивных элементов на основе графита, карбидов циркония и ниобия, гидрида циркония, металлического бериллия с различными защитными покрытиями.

Коллектив опытного завода принимал участие в разработке технологии сборки бесчелювных ТВС реактора ВВР-1000, кассет теплофикационного реактора АСТ-500, экспериментальных диагностических кассет для реактора в г. Райнсберге (ГДР), серий опытных кассет для реактора ОК-900 (разработка ОКБМ в г. Н. Новгороде), комплекта исследовательских кассет «пестрой» зоны (по заказу ФЭИ).

На опытном заводе в рамках обеспечения энергией космических объектов были изготовлены компоненты отражателей, замедлителей и топлива для реактора «Тополь» (разработка ОКБ «Красная Звезда» и ФЭИ).

Металлооптика и метрология. Начало исследований по металлооптике в институте относится к 1975 г. В октябре 1977 г. организуется специальный отдел (начальник — лауреат Государственной премии СССР Б.Ш. Кишмахов) по разработке этой тематики.

Первоначально осваивались конструкции зеркал из бериллия. Институт имел большой опыт работы с этим материалом. В 1978 г. директором института стал В.Ф. Гордеев, который с 1980 г. возглавил это направление работ. Стала формироваться широкая программа создания металлических зеркал на основе меди, молибдена, вольфрама, карбида кремния, инвара, ситалла с различными габаритными размерами.

В связи с расширением программы и номенклатуры металлооптических зеркал был образован еще один ведущий конструкторско-испытательный отдел, руководителем которого был назначен лауреат Государственной премии СССР Б.С. Гаврюшенко. Активно начали развиваться исследования по созданию зеркал с канальными и многоярусными системами охлаждения. В некоторых конструкциях, разрабатывались системы охлаждения лабиринтного типа. Для больших световых нагрузок разрабатывалась пористая система охлаждения под руководством Г.И. Бабаянца.

При высоких тепловых нагрузках перспективными оказались молибден, вольфрам, карбид кремния. Для этого (в лабораториях Г.А. Новикова и Г.И. Бабаянца) были разработаны совершенно новые технологические процессы обработки этих материалов методами алмазного шлифования и полировки.

Одной из важных задач была разработка технологии нанесения отражающих и защитных покрытий на оптические поверхности. Для подготовки полированных поверхностей к нанесению покрытий использовались методы ионной бомбардировки косыми пучками, тлеющим разрядом. В качестве отражающих покрытий использовались серебро и медь, а для защитных покрытий применялись фторопласт, оксиды кремния и гафния, четырехфтористый торий.

В 1984—1985 гг. начаты исследования по созданию технологии нанесения интерференционных покрытий с высоким коэффициентом отражения лазерного излучения. Работы по технологии нанесения отражающих, защитных и интерференционных покрытий осуществлялись под руководством Д. С. Горного.

Разработкой уникальной технологии создания зеркал из карбида кремния с 1978 г. занималась лаборатория, возглавляемая лауреатом премии СМ СССР Г.И. Бабаянцем. В лабораториях, руководимых И.А. Каретниковым, А.А. Ястребковым, В.Ф. Соловьевым, В.Н. Загрязкиным, был выполнен цикл уникальных технологических работ, позволивших впервые получить листы монокристаллического молибдена, сплава меди с цирконием, имеющего повышенную температуру рекристаллизации. Для уменьшения массы корпусов зеркал был разработан сплав кремний-алюминий.

Разработка методов контроля оптических ха-

рактических зеркал решалась в отделе П.П. Олейникова. В 1983 г. была организована лаборатория адаптивной оптики (начальник О.И. Шанин), которая начала исследования физических моделей и макетов охлаждаемых активных зеркал. Расчетно-теоретическими работами по анализу оптических характеристик зеркал для металлов с конкретными несовершенствами кристаллической решетки занимались в лабораториях Н.М. Власова, М.Ф. Малхозова. Оптимизация систем охлаждения проводилась под руководством В.А. Шакова и В.В. Королева.

За успехи, достигнутые в разработке и создании металлооптики, Государственной премии СССР были удостоены В.Ф. Гордеев, Б.Ш. Кишмахов, В.В. Глаголев, Б.С. Гаврущенко. Премии Совета Министров СССР получили начальник цеха В. М. Куприков, Г.И. Пепекин, профессор А.Г. Ланин. Интересная работа по анализу излучений мощных лазеров была выполнена выпускником МГУ С.В. Алексеевым, который исследовал и разрабатывал дифракционные ответвители лазерного излучения.

Широкое развитие работ по изготовлению изделий из бериллия послужило основанием для организации производства по изготовлению металлооптики, и с 1976 г. цех приступил к освоению технологии по вновь организованному направлению «Д». К концу 70-х годов удельный вес изделий металлооптики в объеме выпускаемой цехом продукции составил 70—90%. Эта принципиально новая для института работа потребовала существенного обновления и перепланировки производственных мощностей, переподготовки кадров, освоения новых технологий получения надежных неразъемных герметичных соединений (пайка, сварка), защитных химических покрытий, прецизионной обработки резанием и полировки (получение оптических поверхностей на металлах). За десять лет заводом пройден путь от простых не охлаждаемых до сложных крупногабаритных (до 1000 мм) охлаждаемых изделий на основе бериллия, бронзы, молибдена, вольфрама, карбида кремния и других материалов с высокими требованиями к оптическим характеристикам. Изготовлена серия комплектов металлооптики «Хопер», «Лс», «Дон», «Донец», «Ладога», «Де1000» и другие образцы новой техники, создаваемые впервые в отечественной пра-

ктике. Большой вклад в работу по этому направлению внесли А.А. Семенов, О.Т. Чуриков, В.С. Мочалов.

За участие в разработке технологии получения металлооптических изделий и создание изделий новой техники мастер В.Ф. Матвеев награжден орденом Трудовой Славы III степени. Бригада шлифовщиков металлооптических изделий (26 человек, бригадир Д.А. Шульгин) по итогам работы за 1984—1995 гг. дважды подряд признана лучшей по министерству.

С середины 60-х годов для обеспечения контроля параметров деталей, узлов, блоков и изделий (разработок института) на различных этапах изготовления и испытаний начали активно развиваться неразрушающие методы контроля (нач. лаборатории Л.И. Трахтенберг) и создание нестандартных средств измерения основных параметров: температуры, давления и нейтронных потоков. Были разработаны установки для ультразвукового контроля дефектности труб, монокристаллов, переходников и других деталей: Пакт, Сигнал, Гемма и др. (В.И. Щербаков). Для вихретокового контроля стержневых твэлов, дефектности гильз, толщин алундовых покрытий, дефектности листов были созданы дефектоскопы ДАКС, Градиент, Поиск, толщиномер «Дельта» и др. (В.П. Денискин). Для внутризонного контроля плотности потока тепловых нейтронов были изготовлены термoneйтронные датчики (ТНД), с помощью которых проведены первые реакторные измерения нейтронных потоков (П.Г. Афанасьев).

Для измерения параметров технологических процессов при испытаниях в установках ТК-300, ТК-300М, 11Б91, КЭТ, КЭП, РМ и других были разработаны, унифицированы и внедрены термоэлектрические преобразователи типа ХА, ХК, ВР5/20 уникальной конструкции (В.И. Наливаев), дилатометрические термометры ДВТ, ДВТУ (А.В. Кондрашов) и преобразователи и средства для измерения давлений и пульсаций давления высокотемпературного потока рабочего тела (Ю.П. Мелешко).

С середины 70-х годов в институте начали создаваться и внедряться автоматизированные системы управления технологическими процессами АСУ ТП «Плазмотрон», АСУ ТП «Ресурс», АСУ ТП стенда УПЛ-01 и др. (В.С. Никульшин). В 80-е годы были созданы установки: ИМК-1, ИМИ-2, ИМПТ, ПИМП-50,

БИПМ-50, ИРПМ-2, ЭЛИК-250 для контроля энергии, мощности и распределения плотности мощности в лазерном пучке излучения большой мощности (В.И. Наливаев, П.Г. Афанасьев).

РАБОТЫ ИНСТИТУТА В ОБЛАСТИ КОНВЕРСИИ (ПОСЛЕ 1991 Г.)

В соответствии с решением Министерства РФ по атомной энергии институту поручены разработка и производство *термопар и термометров* сопротивления в исполнении «для ядерной энергетики». С этой целью создан научно-производственный комплекс «Атомкern», руководимый В.Н. Наливаевым. На выпуск датчиков температуры получены лицензия Госстандарта и разрешение Госатомнадзора. Датчики температуры используются для оснащения атомных станций и технологических установок ядерной промышленности, а также технологических объектов химической, пищевой и других видов промышленности.

В 1989 г. институт приступил к работам по созданию экологически чистых *серно-натриевых аккумуляторов и батарей* (СНАБ). Эти источники тока имеют целый ряд преимуществ по сравнению со свинцово-кислотными, никель-кадмиевыми и никель-водородными. Так, удельная энергия и ресурс СНАБ в 2—4 раза выше, чем у свинцово-кислотных аккумуляторов. СНАБ имеет большой ресурс работы, малую массу, высокую безопасность и надежность, а также дешевизну и бездефицитность исходного сырья (сера и натрий). Масса одной секции СНАБ — 0,4 кг. Эта работа проводится под руководством профессора Ю.В. Николаева. В ней активно участвуют В.И. Выбыванец, А.П. Белоусенко, А.Г. Ланин.

Среди конверсионных задач следует особо выделить направление по созданию опытного производства *монокристаллического кремния повышенной чистоты* и однородности и высокотемпературной оснастки: из карбида кремния.

С целью реализации принятой концепции производства монокристаллического кремния повышенной чистоты и однородности доработано оборудование для промышленного производства чистого гранулированного кремния. Введен в эксплуатацию участок по производству монокристаллического кремния с ростовыми установками по выращиванию по мето-

ду Чохральского слитков кремния диаметром более 152 мм. Ведутся работы по созданию ростовой установки нового поколения «Редмет-30М». По этой проблеме Институт становится головной организацией в Министерстве по атомной энергии Российской Федерации.

Одной из наиболее перспективных программ в стратегии конверсии предприятия является создание оснастки из особо чистого карбида кремния для высокотемпературных процессов в производстве БИС и СБИС с размерами элементов менее 1 мкм.

В НПО «Луч» решены новые научно-технические задачи по глубокой очистке карбида кремния, определению диффузионной проницаемости карбидокремниевых композитов, формованию крупногабаритных элементов, их термов и механической обработке и сварке в полноразмерные изделия.

Полученные результаты позволили приступить в 1992 г. к созданию производства оснастки из особо чистого карбида кремния. В настоящее время НИИ НПО «Луч» располагает участками, производящими оснастку из карбида кремния в количестве 20 комплектов в год. Аналогичная продукция в мире производится только двумя фирмами: NORTON (США) и TOSHIBA CERAMICS (Япония). Сравнительные испытания изготовленных образцов оснастки в условиях НПО «Интеграл» (г. Минск) показали практическую идентичность характеристик отечественных и зарубежных изделий. Позднее этот вывод подтвердили испытания в фирмах NORTON и MOTOROLA (США), SICO (Германия).

Работы по получению слитков монокристаллического кремния и высокотемпературной оснастки из карбида кремния возглавляются зам. директора института Г.И. Бабаянцем.

В институте разработаны электронагревательные отопительные приборы, выполненные на основе *тепловых аккумуляторов*, работающих на фазовых переходах эвтектической смеси хлоридных солей при температуре плавления 400 °С и эвтектической смеси алюминия с кремнием при температуре плавления 580 °С. Такие приборы в течение 8 ч запасают тепло в ночное время суток по льготному тарифу на электроэнергию от трубчатых электрических нагревателей в процессе плавления теплоаккумулирующих материалов и затем после отключения от сети днем в течение 16 ч отдают его

при постоянной температуре в процессе кристаллизации, обеспечивая обогрев помещения. Работы по созданию тепловых аккумуляторов и отопительных приборов на их основе проводились под руководством И.И. Федика, В.Н. Загрякина, П.П. Кузнецова, В.А. Сальникова, В.С. Степанова, Б.В. Нерубайло.

Институт ведет разработки в области создания *холодильников-нагревателей* на основе использования *гидридов циркония, титана, иттрия*. Установки экологически чисты по сравнению с фреоновыми холодильниками. Эти работы возглавляют Л.А. Ижванов, Г.И. Пекин.

Срок службы рентгеновской трубки в томографе составляет 12—15 мес. Эти трубки приходится покупать за валюту. Институт разработал (руководитель М.Л. Таубин) *производство рентгеновских трубок*, соответствующих по качеству мировому уровню. Обладая опытом в разработке высокотемпературных материалов, предложили новые лучшие модификации таких устройств.

В тонкопленочных технологиях микроэлектроники широко используются распыляемые материалы и изготовленные из них изделия (мишени). Под руководством Е.К. Дьякова была разработана технология производства *высокоочищенных материалов и распыляемых мишеней*. Эти работы заинтересовали ряд фирм в Германии, Южной Корее, Польше и других странах.

Институт длительное время занимался разработкой *высокотемпературных материалов* на основе графита, карбидов, монокристаллов молибдена, вольфрама и их сплавов с ниобием, танталом, рутением, рением. Эти материалы по показателю «длительная прочность» в области температур свыше $0,5T_{пл}$ не имеют аналогов среди конструкционных материалов.

В институте разработаны различные типы *высокотемпературных и декоративных покрытий* для материалов и изделий. Так, под руководством Г.И. Пепкина разработаны покрытия для бериллия, работающие до 700 °С. Они защищают стали и другие конструкционные материалы от бериллизации и охрупчивания. М.Б. Владыкиной предложены защитные термостойкие электрод и теплоизоляционные высокотемпературные покрытия для проводов высокотемпературной тензометрии, двигате-

лей внутреннего сгорания и других деталей, прошедшие апробацию в различных условиях.

Для декоративных покрытий было разработано несколько установок под руководством А.И. Дерюгина. Они позволяют наносить металлические и керамические (оксиды, нитриды) покрытия на облицовочные материалы, стекла, для изготовления зеркал. Имеются покрытия «под золото», «перламутр» для посуды, столовых приборов, бижутерии. Есть установки для покрытия ювелирных изделий, зубных протезов, металлизирования пластмассы и т.д.

В 1985 г. в институте начались работы по получению *изделий из лейкосанфира*. Зачинателем этих работ является А.П. Белоусенко. Этот материал обладает высокой прочностью, износостойкостью, коррозионной стойкостью, совместимостью с тканями тела человека. Поэтому имеется широкий интерес к этому материалу среди изготовителей подшипников, часов, скальпелей хирургов, искусственных хрусталиков глаз, активных элементов твердотельных лазеров, центров прецизионных шлифовальных станков, ювелирных изделий и т.д.

В институте под руководством В.А. Сальникова и Н.М. Артемьева создано производство *негорючей огнестойкой* экологически чистой *теплоизоляции из вспученного вермикулита*, предназначенной для огнезащиты и теплоизоляции высокотемпературного энергетического оборудования, жилых и производственных помещений, строительных конструкций, других объектов ядерной энергетики и топливно-энергетического комплекса. Теплопроводность плит из вспученного вермикулита 0,08—0,15 Вт/(м·К), огнестойкий эффект 1,5—2 ч, температура плавления 1500 К. Опытные образцы изделий прошли испытания с положительными результатами во ВНИИ ПО УВД РФ, МНИИ гигиены им. Эрисмана, ВНИИСК им. Кучеренко.

Институт явился разработчиком (руководитель работ В.П. Денискин) *магнитооптических дисков* (МОД) для систем внешней памяти современных ЭВМ. Разработана лабораторная технология создания таких дисков, выдержавших циклические нагрузки запись—стирание до 10 млн. раз. А с 1991 г. институт приступил к разработке промышленной технологии производства таких изделий.

В институте были разработаны *воздушно-плазменные резаки* для машинной резки угле-

родистых и легированных сталей, цветных металлов, их сплавов толщиной 10—200 мм (руководитель разработки А.В. Пустогаров). Установка позволяет также осуществить раскрой листовых материалов, резку труб и сложнопрофильного проката. Создана лазерная установка для разделки крупногабаритных глыб камня на блоки с глубиной реза до 0,3 м, резка бетона, мрамора, туфа и т. д.

Созданный в 1970 г. специальный цех по переработке урансодержащих отходов и бракованных твэлов был модернизирован. В 1934—1996 гг. основное направление в работе цеха занимает переработка отходов и не востребуемых изделий, накопленных на предприятиях отрасли. Для различных видов ядерного топлива разработаны соответствующие технологии их переработки. В последнее время создана уникальная экологически чистая технология извлечения урана из уран-бериллиевых композиций. Большой вклад в работу цеха внесли В.П. Денискин, Н.В. Боголапов и начальник цеха О.Н. Филатов.

На внеплановой основе в институте проводились работы по изучению синтеза ядер при «холодных» температурах. Исследования Я.Р. Кучерова, А.Б. Карабута и И.Б. Савватимовой были признаны лучшими за 1992 г. международной ассоциацией по этому направлению. Они изучали эти реакции в струях плазмы обычных плазматронов.

ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «ЛУЧ»

Для экспериментальной отработки ядерных ракетных двигателей (ЯРД) и космических ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) и их отдельных элементов на территории Семипалатинского испытательного полигона (г. Курчатов, бывший Семипалатинск-21 в Республике Казахстан) была создана специальная испытательная база. В нее входят комплексы «Байкал-1» и «ИГР» с размещенными на них тремя исследовательскими реакторами — ИВГ-1М, РА и ИГР, газодинамическими, теплотехническими и электротехническими стендами, азотно-кислородным производством.

Исследовательский импульсный реактор ИГР был создан по инициативе И.В. Курчатова для проведения физико-технических исследований

в условиях импульсного воздействия нейтронного и γ -излучения большой интенсивности. Реактор эксплуатируется с 1961 г. по настоящее время, оставаясь одним из лучших в мире для своего класса реакторов.

Реактор ИГР — импульсный уран-графитовый самогасящийся ядерный реактор теплоемкостного типа на тепловых нейтронах с графитовым отражателем. В кладке реактора расположены стержни системы управления и защиты. Активная зона размещена в специальном герметичном корпусе, который омывается водой контура расхолаживания. Выделившееся в процессе работы реактора тепло аккумулируется кладкой, а затем через стенки корпуса постепенно передается воде контура расхолаживания.

Научным руководителем разработки реактора ИГР был профессор С.М. Фейнберг (ИАЭ им. И.В. Курчатова). Первым начальником экспедиции и главным инженером объекта ИГР был Б.В. Петунин. Непосредственное руководство созданием комплекса этого реактора осуществлял зам. начальника экспедиции М.А. Казаченко.

На комплексе «Байкал-1» размещены два исследовательских реактора — ИВГ-1М и РА, а также теплотехнический стенд «Ангара». Генеральным проектировщиком комплекса являлся ВНИПИЭТ (Ленинград).

Реактор ИВГ-1М — модернизированный реактор ИВГ-1. Это исследовательский водо-водяной гетерогенный корпусной ядерный реактор на тепловых нейтронах с легководным замедлителем и бериллиевым отражателем нейтронов.

Главным конструктором реактора был В.К. Уласевич (НИКИЭТ), научным руководителем проекта реактора В.М. Талызин (ИАЭ им. И.В. Курчатова), главным конструктором-технологом технологических каналов был НИИ НПО «Луч» (ПНИТИ, г. Подольск).

Физический пуск реактора состоялся в 1972 г. В 1975—1976 гг. были проведены три пуска реактора для испытания ТВС ЯРД с водородом. В 1979—1983 гг. были проведены 12 пусков реактора. Температура водорода на выходе из активной зоны достигла 3100 К. Четыре пуска реактора для испытаний модернизированных ТВС, проведенные на азоте в 1984 г., показали их работоспособность при температурах газа до 2900 К. В 1985—1988 гг.

были проведены 11 пусков реактора для испытания новых ТВС с водородом и азотом (максимальная температура газа составила 2900 К).

Большую роль в подготовке и проведении пусков реактора, в анализе полученных результатов сыграли Н. Н. Пономарев-Степной, И. И. Федик, И. Г. Гвердцители, Ю. Н. Подладчиков, В. К. Уласевич, П. А. Исаев, В. А. Павшук, Г. П. Сивенко, А. И. Смирнов, В. Н. Грязнов, В. М. Шербатюк, Ю. С. Черепнин, О. С. Пивоваров, Ш. Т. Тухватулин, В. П. Денискин, В. И. Наливаев, Е. К. Дьяков, М. В. Тищенко, И. Д. Дараган, Е. Б. Попов, Н. Я. Паршин, Л. С. Дегтярева и многие другие. В разное время председателями пусковых комиссий были В. М. Тюгин, И. Г. Гвердцители, И. И. Федик.

В 1989–1990 гг. был проведен первый этап реконструкции реактора, заключающийся в замене газоохлаждаемых ТВС на водоохлаждаемые. Цель реконструкции — создание реакторного комплекса для испытаний в петлевом канале ТВС реакторов различного типа и обеспечение экологической безопасности испытаний.

Реактор РА — модернизированный реактор ИРГИТ. Это исследовательский высокотемпературный газоохлаждаемый гетерогенный корпусной реактор на тепловых нейтронах с замедлителем из гидрида циркония и бериллиевым отражателем.

Установка «РУЧЕЙ» создана для исследования поведения элементов конструкции активной зоны водоохлаждаемых реакторов в пото-

ке высокотемпературного пара (водяной пар с заданной температурой образуется в результате химической реакции газообразных кислорода и водорода).

Электродуговой стенд «ИРТЫШ» предназначен для испытаний конструктивных элементов ТВС ЯРД и средств измерения температуры в потоке азота с температурой до 3000 К. Имеющиеся на стенде плазмотроны (мощностью до 10 МВт) могут работать на азоте, водороде, гелии, аргоне, водороде, диоксиде углерода. На стенде также используются процессы обработки материалов с помощью плазменных технологий.

На *установке «СЛАВА»* проводятся исследования характеристик расплава композиции материалов активной зоны реактора типа ВВЭР. Измеряются температура, геометрия и скорость струи расплава. После эксперимента определяются микроструктура, химический состав и теплофизические свойства застывших фрагментов.

На *установке «ЛАВА»* изучаются процессы взаимодействия расплава материалов активной зоны реактора типа ВВЭР с водой. Измеряются температура расплава и воды, импульс давления, выход водорода. После эксперимента определяются степень диспергирования, микроструктура, химический состав и теплофизические свойства застывших фрагментов расплава, коэффициент конверсии.

Образование и становление Научно-исследовательского института измерительных систем (НИИС)

В.Е. Костюков, В.А. Рязанцев, Н.З. Тремасов, А.А. Микучлик, Л.Н. Нахгальцев, Г.А. Оболенская

Научно-исследовательский институт измерительных систем (НИИС), (Нижний Новгород) в 1996 г. отметил свое тридцатилетие.

История института началась в феврале 1966 г., когда появилась необходимость сосредоточения в отрасли разработки и производства радиодатчиков и создания нового поколения радиотелеметрических систем. НИИС был образован на базе специального конструкторского бюро № 326 Министерства радиотехнической промышленности (МРТП) СССР в Горьком, научная и производственная базы которого были ориентированы на эту тематику. Поэтому историю НИИС целесообразно рассматривать в ретроспективе, с учетом научного и производственного задела, созданного коллективами СКБ-326 и других предприятий, принимавших участие в этой работе.

В книге «Советский атомный проект» есть несколько строк, посвященных проблеме создания радиодатчика критической высоты подрыва ядерной бомбы: «...С сентября 1948 года начался период летных испытаний. Единственным камнем преткновения оставался радиодатчик...» (стр. 144). Дело в том, что в 1946 г., формируя блок-схему автоматики первой ядерной бомбы, научный руководитель КБ-11 Ю.Б. Харитон принял решение поручить СКБ-326 работу по созданию радиодатчика, использующего принцип радиолокации Земли с борта летательного объекта. По существу в качестве первого радиодатчика (РД) был применен прибор, созданный коллективом Горьковского приборостроительного института под руководством главного конструктора А.П. Скибарко на базе частотно-модулированного высокочастотного прибора, разработанного для самолетов в 1946 г.

Проведенные летные испытания ядерной бомбы с разработанным по техническому заданию КБ-11 радиодатчиком показали неудовлетворительный результат. Прибор «забивался» вибрационными шумами и не срабатывал. Разбор причин отказа радиодатчика у «шефа про-

екта» Л.П. Берию носил для разработчиков проекта драматический характер, только принципиальная позиция И. В. Курчатова и Ю.Б. Харитона, понимавших возникающие технические трудности, спасла первых разработчиков от серьезных неприятностей.

Учитывая сложность проблемы, специальными постановлениями правительства к решению этой задачи, кроме СКБ-326, был подключен ряд институтов страны. Основными из них были: НИИ-11, Горький (главный конструктор В.П. Курячев); НИИ-885, Москва (главный конструктор Е.Н. Геништа); НИИ-17, МАП, Москва (главный конструктор В.В. Тихомиров) и др. Такое решение оказалось оправданным. Подключение коллективов разработчиков, обладающих нужным опытом, с разными научными школами, позволило создать условия для конкурсного проектирования, провести исследования многочисленных проблем, связанных с созданием радиодатчиков, широким фронтом.

Тщательный анализ результатов испытаний первых образцов приборов, широкий фронт научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по определению принципиальных путей построения приборов, проведенный коллективами разработчиков совместно со специалистами КБ-11 (В. Г. Алексеев, Ю.М. Мирохин, И.В. Блатов, Н.З. Тремасов), позволили в короткие сроки решить поставленную задачу. К 1953 г. были практически выполнены основные концептуальные и теоретические исследования, проведены экспериментальные и конструкторские работы по разработке радиодатчиков. Приборы надежно работали во всех типах авиабомб, а приборы В.П. Курячева и В.В. Тихомирова обеспечили работу изделия при натуральных испытаниях на Семипалатинском полигоне в 1955—1956 гг. Значительный вклад в создание радиодатчиков внесли специалисты СКБ-326 Н. В. Серебров, К. В. Плакидин, В.А. Олюнин, М.М. Пивоваров, М.А. Олигер, А.Н. Бояркин и др.

В 1955 г. на повестку дня встала проблема создания ядерных боеголовок для баллистических ракет, и опять возникла необходимость обеспечения высокой точности подрыва в широком диапазоне высот.

При первых испытаниях изделия в 1957 г. возникли технические сложности, связанные с шумами в антенне при движении боеголовок в плотных слоях атмосферы. Если раньше приходилось бороться с вибрационными шумами, мешающими работе частотно-модулированного радиодатчика, то здесь существенным фактором, действующим на чувствительность радиодатчика, оказались шумы в антенне, вызванные паразитной модуляцией «местного» сигнала сублимирующимися частицами теплозащитного покрытия корпуса. Эти шумы существенно снижали энергетический потенциал радиодатчика, что приводило к его неустойчивой работе на траектории. Дополнительной проблемой оказалось преждевременное срабатывание прибора на больших высотах после включения радиодатчика. Совместными усилиями разработчиков СКБ-885, ставшего к тому времени лидером в разработке РД для специзделий, и специалистов КБ-11 проблема ложного срабатывания была решена.

По существу, прибор был переработан заново как по схеме, так и конструктивно. С целью окончательного подтверждения работоспособности РД в 1960 г. были проведены испытания на трех ракетах промежуточной дальности, специально выделенных для этих целей. Испытания полностью подтвердили правильность принятых технических решений. Разработка РД для трансконтинентальных ракет сделала проблему снижения энергетического потенциала еще более сложной вследствие интенсивных тепловых процессов в радиопрозрачной обматке антенны.

Непрерывно проводимая работа по совершенствованию схемно-конструкторских параметров частотно-модулированных приборов не устраняла главного: снижения чувствительности прибора в реальных условиях, особенно в преддверии постоянного увеличения дальности полета изделия и, как следствие, возрастания тепловых нагрузок, негативно влияющих на чувствительность прибора. Это предопределяло для частотно-модулированных приборов неуверенную работу во всех условиях боевого применения, а также теоретическую возмож-

ность ложного срабатывания от специальной ретранслированной помехи. Становилось очевидным, что частотно-модулированный принцип исчерпал себя и надо было искать другие технические решения.

По инициативе КБ-11 (Н.З. Трemasов) в 1959 г. была предложена схема и конструкция импульсного радиодатчика, свободного от недостатков предшествующих модификаций частотно-модулированных приборов. Использование последних достижений полупроводниковой техники, тщательная конструкторская проработка позволили почти в два раза уменьшить массогабаритные характеристики нового прибора. Совместными усилиями КБ-11 и СКБ Пензенского приборостроительного завода (главный конструктор Ю.Е. Седаков) в 1963—1964 гг. была изготовлена опытная партия приборов и успешно проведены заводские и летные испытания.

В то время (1963—1965 гг.) в СКБ-326 впервые были разработаны схема и конструкция импульсного РД, позволяющего обеспечить работу прибора на предельно малых высотах (А.Н. Бояркин, С.В. Катин). Таким образом, авторами создания радиодатчиков на принципе импульсной модуляции можно считать коллективы разработчиков КБ-11 и СКБ-326, которые, опираясь на опыт работ НИИ-17 (главный конструктор В.В. Тихомиров) и развивая его, создали почти одновременно для разного класса изделий первые модификации импульсных приборов.

Освоение на Пензенском приборостроительном заводе (ППЗ) серийного производства радиодатчиков и успешная работа КБ-11 по разработке импульсного прибора АРД дало основание руководству Министерства среднего машиностроения (МСМ) (В.И. Алферов, Б.Г. Музруков, В.И. Карякин) поставить вопрос о создании филиала КБ-11, ориентированного на разработку перспективных радиодатчиков. Постановлением Правительства в феврале 1966 г. СКБ-326 Завода № 326 МРТП (Горький) передается МСМ и на его базе создается КБ-3, как филиал КБ-11. В 1967 г. КБ-3 получило условное наименование: Горьковское конструкторско-технологическое бюро измерительных приборов (ГКТБИП). В 1976 г. на базе ГКТБИП был образован Научно-исследовательский институт измерительных систем (НИИИС). Директором КБ-3, ГКТБИП, а затем НИИИС был

назначен Ю.Е. Сedaков, а главным конструктором — Н.З. Трeмасов. Научное руководство в первые годы осуществлял главный конструктор КБ-11 С.Г. Кочарянц.

В целях укрепления вновь создаваемого предприятия в Горький были переведены ведущие специалисты: из НИИ-1011 С.В. Филиппов, В.С. Сутугин, Е.М. Голубев, Л.М. Захаров, А.В. Золотарев, В.А. Рязанцев и др.; из ППЗ В. Р. Пономаренко, Б. Ю. Любовин, Б.Е. Гейман, С.С. Гузанов, В.И. Бахановский, Ю. А. Хохлов и др.; из КБ-11 А. А. Рыбальченко, В.А. Сидоров, А.А. Силенко, А.А. Миккульчик, А.П. Волков, Г.С. Пыльцов и др., главным инженером, первым заместителем директора ГКТБИП (НИИИС) стал Л.Н. Нахгальцев.

Перед коллективом ГКТБИП (НИИИС) была поставлена задача: оснастить все виды изделий, создаваемых МСМ, современными радиодатчиками, обеспечивающими заданную точность, высокую надежность при минимальных массе, габаритах и энергопотреблении. В дальнейшем (1969 г.) была добавлена задача создания высокоскоростной радиотелеметрической системы контроля. Таким образом, вновь созданный институт взял на себя ответственность за целое направление науки и техники, освободив от этих задач ряд институтов радиопромышленности.

Анализ ситуации показал, что без освоения современной технологии изготовления радиоэлектронной аппаратуры, последних достижений зарождающейся в то время микроэлектроники, без использования передовых достижений в элементной базе добиться успеха будет невозможно. Особого внимания требовали вопросы испытательной базы, а также проблемы комплексной автоматизации процессов разработки, проектирования и производства.

Выработав стратегическую линию на перспективу, институт поставил перед руководством МСМ вопрос о необходимости строительства предприятия на новой площадке, отказавшись от неэффективных, ранее принятых решений по реконструкции выделенных ГКТБИП зданий на территории Завода № 326. Распоряжением Совета Министров СССР в декабре 1966 г. было принято решение о строительстве научно-производственного комплекса института на новой площадке с необходимой инфраструктурой и социальным комплек-

сом. Объединенный единством целей и пониманием задач, коллектив ГКТБИП включился в решение проблем, стоящих перед ним.

Главной задачей конца 60-х годов стало создание радиолокационных приборов для различного класса изделий, охватывающих диапазон измеряемых высот от десятков метров до нескольких километров, отличающихся малыми массогабаритными показателями и, вместе с тем, имеющими высокие энергетические характеристики, малое время готовности, способные выполнять свои функции в условиях высоких температур на антеннах, вызванных аэродинамическими нагрузками. При создании этих модификаций приборов большое внимание уделялось повышению их помехоустойчивости.

Все эти условия позволили коллективу НИИИС создать целый ряд радиолокационных бортовых приборов на различных принципах (импульсные, частотно-корреляционные и др.), успешно решавших возложенные на них функции в жестких условиях реального применения, в том числе в условиях воздействия больших механических перегрузок. Широкий фронт НИР и ОКР, выполненных институтом, позволил разработать высоконадежные системы, адаптирующиеся к реальным условиям применения, включая условия преднамеренного противодействия. В создании многих серий радиолокационных приборов для различного класса изделий приняли участие ведущие специалисты НИИИС, в том числе: С. В. Катин, Н. И. Дмитриев, Г. В. Левин, Г. П. Макров, Б. Ю. Любовин, Г. М. Горев, А.Д. Мезин, А.М. Ревнитский, Н.И. Любимов, В.С. Тенсин, В.Н. Тюльников, Е.Н. Черняев, С.В. Филиппов, В.А. Сидоров, А.А. Рыбальченко, А.А. Шилов, А.А. Силенко, В.В. Запорожчук, В.В. Вязьмин и др. Большой творческий и организационный вклад в создание высокочастотных и антенно-фидерных устройств для создаваемых НИИИС радиодатчиков внес А.Н. Бояркин.

Следует особо отметить эволюцию разработки трех поколений контрольно-поверочной аппаратуры (КПА). От больших, в несколько десятков килограмм, тестеров до систем встроенного контроля на основе акустических линий задержки, обеспечивающих без отстыковки антенно-фидерных устройств регламентный и предполетный самоконтроль разрабатываемых

приборов в составе автоматизированных контрольных комплексов. Большой вклад в решение этих задач внесли специалисты: М. М. Народицкий, М. М. Пивоваров, Э.К. Рындовский и др.

В 1986—1989 гг. широко развернувшиеся работы по использованию ядерных взрывов в мирных целях поставили перед коллективом НИИИС сложную задачу по созданию передвижного (автомобильного) автоматизированного измерительного комплекса «Сфера», предназначенного для дистанционного определения и регистрации в сферической системе координат данных о конфигурации и размерах подземной камеры, образованной ядерным взрывом, посредством радиолокации ее внутренней поверхности. Созданный в НИИИС (Л.А. Егоров, В.С. Сидоренко) радиолокационный прибор, работающий в миллиметровом диапазоне волн, выполненный в цилиндрической конструкции диаметром около 150 мм, спускался по обсадной трубе в центр образованной полости (на глубинах до 2000 м) и, вращаясь в азимутальной и вертикальной плоскостях, измерял расстояния до стенок полости, передавая данные на поверхность, где с помощью ЭВМ рассчитывалась геометрия образованной сухой полости с построением горизонтальных профилограмм с отметкой направления на магнитный меридиан Земли. Полигонные испытания, проведенные в 1988—1989 гг., дали положительный результат, показав способность системы производить измерения с заданной точностью.

К 1985 г. в основном закончилось строительство объектов НИИИС на новой площадке. На юго-западной окраине Горького вырос современный научно-промышленный комплекс, который вместе с ландшафтным оформлением украшает въезд в город. Выполненный снаружи и внутри в хороших традициях дизайна, комплекс оснащен современным оборудованием, необходимой вычислительной техникой, техническими и программными средствами автоматизации. Научно-исследовательская, промышленная и испытательная базы с развитыми инфраструктурой и социальным комплексом позволили НИИИС увеличить объем выполняемых работ в 1985 г. почти в 8 раз по сравнению с 1966 г.

Одной из основных научно-технических проблем, решавшихся коллективом НИИИС,

было создание радиотелеметрических систем специального контроля (РТС СК), предназначенных для контроля основных параметров изделий, создаваемых отраслью, при летных испытаниях. Эта проблема возникла одновременно с началом работ по созданию первых образцов изделий. Разработка технических средств и систем телеметрии в то время проводилась специалистами КБ-11 под руководством Н.С. Баркова (В.И. Карякин, Ю.Н. Сизов). Система была проста и обеспечила испытания первых изделий. Вместе с тем, малая информативность и разрешающая способность требовали создания новой, более совершенной системы контроля. В начале 50-х годов специалистами КБ-11 (Ю.В. Мирохин, В.И. Карякин, Ю.Н. Сизов, Н.И. Щаников) была предложена, а позднее создана телеметрическая система, работавшая в режиме ожидания, передающая информацию с изделия о происходящих однократных процессах в микросекундных временных интервалах. Регистрация информации осуществлялась наземными и самолетными пунктами регистрации. Во второй половине 60-х годов работами по созданию средств и методов специального контроля занимались три предприятия: ВНИИЭФ (Всесоюзный научно-исследовательский институт экспериментальной физики), ВНИИП (Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения), ВНИИА (Всесоюзный научно-исследовательский институт автоматики). Ведущая роль в этих работах в то время принадлежала ВНИИЭФ.

Назревала необходимость оснащения полигонов Министерства Обороны (МО) унифицированной аппаратурой спецконтроля в интересах всех предприятий отрасли, работающей в разных климатических поясах страны. Такая аппаратура создавалась силами большинства предприятий МСМ путем модернизации аппаратуры ВНИИЭФ. В течение 1969—1970 гг. НИИИС резко наращивает объемы работ по этой, новой для него, тематике. Были организованы специализированные тематические подразделения (Б.Е. Гейман, В.С. Суругин, Л.М. Захаров) и опытное производство. Укреплялись конструкторские и технологические подразделения. В 1970 г. НИИИС назначен головным предприятием по разработке РТС СК.

Следующим шагом в развитии спецтелемет-

рии была разработка коллективом НИИИС новой, более совершенной РТС СК. Отличительной особенностью этой системы стал отказ от сложной и неудобной в эксплуатации ручной обработки зарегистрированной на фотопленке информации, а также перевод приемно-регистрирующей аппаратуры на цифровую магнитофонную запись и автоматизированную обработку информации с помощью стационарных ЭВМ на полигонах. Одновременно решалась задача уменьшения массогабаритных характеристик бортовой аппаратуры.

Особенно большая исследовательская работа была проведена специалистами НИИИС в решении сложной задачи — получения информации со скоростных изделий в условиях интенсивного плазмообразования за счет внедрения в бортовую аппаратуру микропроцессорных устройств, которые, в сочетании с оптимальным размещением оригинально сконструированных антенных систем, позволили решить эту проблему.

Разработанной НИИИС и изготовленной совместно с серийными заводами отрасли аппаратурой были оборудованы десятки приемно-регистрирующих комплексов самолетного, наземного и морского базирования, которыми были оснащены все испытательные полигоны страны.

В январе 1982 г. постановлением Правительства коллектив НИИИС был привлечен к работам по созданию национальных средств контроля наличия ядерных боеприпасов и делящихся материалов на надводных плавсредствах морского базирования. Во исполнение этого постановления НИИИС была поручена разработка комплекта измерительной аппаратуры, входящей в состав вертолетного комплекса, а также корабельной аппаратуры обработки записанной информации.

Научное руководство этими работами осуществлялось Институтом атомной энергии (ИАЭ) им. И.В. Курчатова. В процессе выполнения этой новой для коллектива НИИИС работы его сотрудники совместно со специалистами ИАЭ успешно решили ряд сложных проблем. Это прежде всего разработка методов физических измерений нейтронных полей малой интенсивности и создание высокочувствительной детектирующей аппаратуры, работоспособной в жестких вертолетных и корабельных условиях. В 1985 г. были успешно прове-

дены Государственные испытания и начато серийное производство этой аппаратуры. Большой вклад в эти работы внесли специалисты НИИИС: Б.Е. Гейман, Л.М. Захаров, В.А. Рязанцев, В.М. Армашов, В.Р. Пономаренко, В.И. Бахановский.

Эта работа была включена в обеспечение международных договоров по ограничению и нераспространению ядерного оружия. Технические средства контроля позволили осуществлять инспекционный дистанционный контроль наличия ядерного оружия на борту контролируемого объекта. В 1989 г. возможности созданных комплексов были продемонстрированы США и другим странам на международном совместном эксперименте на Черном море (Ялта, 1989 г.).

Начиная с 70-х годов, в создаваемых в НИИИС приборах широкое применение находят гибридные микросхемы собственного изготовления. За короткий период пройден путь от простых гибридных микросхем до гибридных микроузлов и микроблоков (О.Ф. Чепуренко, В.К. Палагин, В.Р. Пономаренко, Л.И. Прокофьев, И.Я. Фияксель, С.С. Гузанов, Г.А. Оболенская, В.А. Козлов и др.). Созданная в НИИИС технология изготовления печатных плат и многослойных печатных плат (В.И. Спирина) и комплекс технологических процессов микроэлектроники позволили разрабатывать приборы разных классов и назначений с высокими техническими характеристиками и эксплуатационными возможностями.

Одновременно были широко развернуты работы по созданию автоматизированных систем для научных исследований, схемотехнического и конструкторского проектирования, производства, контроля и управления. Среди них необходимо отметить интегрированные автоматизированные системы разработки, изготовления и контроля печатных и многослойных печатных плат, интегрированные системы проектирования и изготовления деталей класса «тело вращения», корпусных деталей и др. Большой вклад в решение этих проблем внесли В.Е. Костюков, Ю.А. Хохлов, В.Ф. Морозов, А.М. Качкаев, А.А. Асланов, С.Л. Торохов и др.

Из года в год НИИИС наращивает работы по освоению последних достижений микроэлектроники и во второй половине 80-х годов начинает первые практические работы по твердотельной технологии. В конце 1986 г. под

руководством министерства было принято решение о создании отраслевого центра твердотельной микроэлектроники (ОЦТМ) на базе НИИИС. Первым шагом в этом направлении было строительство в 1989 г. лабораторного корпуса по производству больших интегральных схем (БИС) на кремнии, оснащенного современным инженерным и технологическим оборудованием. Начиная с 1992 г., НИИИС осуществляет производство БИС для комплектации аппаратуры собственной разработки. Значительная роль в становлении нового направления по твердотельной микроэлектронике принадлежит специалистам НИИИС Л. Н. Тюльникову, О. Ф. Чепуренко, Ю. Ф. Руну, Л. А. Синегубко.

В 1989 г. приступили к строительству производственного корпуса ОЦТМ общей площадью чистых комнат 11 600 м². В 1987 г. в соответствии с приказом Министра НИИИС приступил к разработке и освоению производства средств вычислительной техники (СВТ), НИИИС в рамках программы отрасли был определен головным предприятием по разработке специализированных комплексов класса персональных ЭВМ. В короткие сроки НИИИС совместно с Московским государственным университетом разработал первую модель восьмиразрядного вычислительного комплекса (ВК) класса персональных ЭВМ, а с 1989 г. уже осуществлялась их поставка на предприятия отрасли и для нужд народного хозяйства. Это была первая работа НИИИС в рамках зарождающейся в то время конверсии.

Одним из путей повышения конкурентоспособности продукции в условиях рынка стал поиск новых областей применения вычислительной техники и создание изделий с новым качеством. Примером такого решения может служить адаптация базовой модели ПЭВМ «Квант-8», выпускаемой НИИИС, в телекоммуникационный терминал «Квант-8Т». В 1992—1993 гг. модель «Квант-8Т» была освоена производством и начата поставка ее на рынок. Этот терминал имеет сертификат соответствия Министерства связи РФ. В дальнейшем в НИИИС был разработан ВК «Квант-16М» — 16-разрядный персональный компьютер общего назначения, аналог компьютера типа IBM PC/AT. Запуск в серийное производство этой модели не был произведен из-за отсутствия отечественной элементной базы соответствующего

уровня надежности. В разработке и освоении производства СВТ приняли участие Ю. В. Вашев, В. В. Попов и др.

В это время в стране нарастают процессы перестройки. Жизнь настоятельно требует наращивания темпов конверсии, поиска «своей ниши» и заказчиков. При этом надо было сделать все, чтобы сохранить кадры (в первую очередь — научные) и многолетние традиции, обеспечивающие высокую дисциплину, качество разработок и производства. Понимая это, руководство НИИИС активно начало поиск возможных вариантов. Как наиболее предпочтительный разрабатывался вариант использования научно-технического потенциала НИИИС в интересах топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Приоритетным и определяющим на начальном этапе стали работы в интересах государственного газового концерна «Газпром». Постановлением от 30 ноября 1990 г. Совет Министров СССР обязал Министерство атомной промышленности и энергетики и газовый концерн «Газпром» обеспечить разработку, освоение серийного производства, монтаж и серийное обслуживание линейной телемеханики и систем управления (СУ) компрессорными станциями (КС) магистральных газопроводов (МГ). Главным разработчиком по этим направлениям определен НИИИС. Большую роль в этом важном для дальнейшей судьбы НИИИС вопросе сыграли опыт, интуиция и стратегическая смелость директора НИИИС Ю. Е. Сedaкова.

Началом работ можно считать 1989 г. Именно тогда в интересах предприятия «Волготрансгаз» была начата работа по адаптации ранее созданной радиотелеметрической системы РТС СК в систему линейной телемеханики (СЛТМ СК), предназначенную для автоматизации технологических процессов транспорта газа на магистральных газопроводах. В ноябре 1989 г. был изготовлен и смонтирован на крановых площадках и КС «Починковская» комплект СЛТМ СК. Испытания системы прошли успешно. Руководством «Волготрансгаз» и «Газпром» было принято решение о серийном изготовлении систем телемеханики СЛТМ СК. С ноября 1990 г. НИИИС изготавливает три системы СЛТМ СК и обеспечивает их монтаж и сдачу в эксплуатацию на предприятиях «Газпрома».

В это же время НИИИС приступает к раз-

работке систем управления газоперекачивающими агрегатами (СУ ГПА). В 1993 г. НИИИС изготавливает и в 1994 г. проводит испытания опытного образца СУ ГПА на КС «Грязовецкая». В 1994 г. совместно с серийными заводами отрасли было изготовлено 11 комплектов СУ ГПА для предприятия «Севергазпром». Для возможности использования действующих систем управления ГПА в составе цеховых и станционных СУ НИИИС разработал системы сбора информации (ССИ) и в 1994 г. изготовил и поставил предприятию «Севергазпром» 14 комплектов. Опираясь на опыт работы сданных в эксплуатацию систем СЛТМ СК, руководство НИИИС совместно с заказчиком принимает решение продолжить разработку комплекса унифицированных технических и программных средств (УНК ТМ) и одновременно приступить к созданию информационно-управляющих систем (ИУС) для магистральных газопроводов, а позднее добычи газа. Было ясно, что для создания ИУС необходима многоуровневая, интегрированная система, построенная на современных программно-технических средствах. После совместных обсуждений заказчиком был заключен контракт с немецкой фирмой АЕГ на адаптацию и поставку общесистемных программных и технических средств системы «SKADA». В последующие годы НИИИС совместно с фирмой АЕГ развернул работу по созданию и внедрению интегрированной ИУС магистральными газопроводами газового предприятия «Севергазпром».

Для развертывания производства средств автоматизации были подключены серийные заводы отрасли. Благодаря преемственности технологии совместная работа с серийными заводами позволила производить подготовку производства и изготовление изделий в короткие сроки. К 1995 г. изготовлено более 160 комплектов линейной телемеханики, которые охватывают более 2000 км линейной части магистрального газопровода «Севергазпром».

Для создания автоматизированных систем управления необходимо было также разработать ряд датчиков и сигнализаторов технологических параметров. Для этого НИИИС развернул работу по созданию бесконтактного расходомера двухфазного потока газоконденсата; системы контроля наличия факела; радиолокационного уровнемера; датчиков загазованно-



Здание НИИИС

сти; сигнализаторов уровня и др. В разработке и выпуске ряда датчиков большую роль играют и другие предприятия отрасли: ВНИИА — датчики и сигнализаторы абсолютного и избыточного давления и перепада давлений газообразных и жидких сред; ВНИИЭФ — датчики температуры, а также датчики частоты вращения осевого сдвига и вибрации валов компрессоров и газотурбинных установок.

Кроме ИУС транспорта и добычи газа, перечисленных выше, совместно с фирмой АЕГ были разработаны и представлены на конкурс технико-коммерческие предложения на проведение работ по созданию: ИУС объектов добычи и транспорта газа месторождений полуострова Ямал с возможным переходом в дальнейшем в проект Ямал-Центр-Запад; ИУС объектов добычи газа, газового конденсата и нефти газоконденсатного месторождения Песцовое; объектов добычи газа, газового конденсата, нефти и объектов энергоснабжения Заполярного газонефтеконденсатного месторождения и др.

Большая роль в становлении и развитии работ в интересах ТЭК принадлежит главному конструктору Н.З. Тремасову, В.С. Сутугину, В.А. Рязанцеву, В.Н. Лотову, В.Ф. Борисову, Б.Л. Четверикову, С.И. Кульпину, А.А. Андрееву, А.А. Миккульчику и др. С 1991 г. совместно с фирмой «CONCORD» (США) НИИИС начинает разработку системы скважинной радиогоразведки для решения разведочных и

эксплуатационных задач на газовых и нефтегазовых месторождениях. Образец системы скважинной радиогеоаразведки с использованием аппаратных средств фирмы «CONCORD» прошел полевые испытания на Убеженском нефтегазовом месторождении (Армавир), где был зарегистрирован пространственно распределенный водо-нефтяной контакт, а также на Арланском нефтяном месторождении (Башкортостан). Испытания подтвердили принципиальную возможность радиотомографии пространственной структуры геологических объектов. Последующее развитие межскваженной томографии связано с инженерно-геологическими работами на карстоопасных территориях. Результаты этих работ будут использованы как инжиниринговые услуги в интересах железных дорог, строительства и т. п. (Л.А. Егоров, В.А. Рязанцев).

В 1981 г. за самоотверженный труд и успехи, достигнутые в создании спецтехники, коллектив НИИИС награжден орденом Трудового Красного Знамени. В настоящее время НИИИС представляет собой современное предприятие, имеющее в своем составе научные подразделения, опытное производство, оснащенное гибким автоматизированным производством механообработки и изготовлением печатных и многослойных печатных плат, испытательный и вычислительный центры, производство по выпуску вычислительной техники и лабораторный корпус полупроводниковых БИС.

За годы работы в НИИИС сложились тради-

ции, способствующие успехам в решении сложных задач. Одним из важных достижений НИИИС является создание коллектива высококлассных специалистов, включающего теоретиков, инженеров-разработчиков, конструкторов, технологов и рабочих, способных решать сложные задачи. Среди них пять имеют ученую степень доктора наук (Н.З. Трemasов, С.В. Катин, Н.И. Дмитриев, С.В. Филиппов, В.К. Киселев) и 50 — кандидата наук. Практически все основные работы отмечены Государственными премиями (25 человек) и высокими правительственными наградами.

В 1987 г. в целях подготовки научных кадров на базе учебного центра НИИИС был организован филиал кафедры конструирования и технологии производства радиоаппаратуры Нижегородского государственного технического университета (НГТУ). Это позволило подготовить немало квалифицированных молодых специалистов, пополнивших коллектив НИИИС, а в 1989 г. созданы филиалы кафедр радиоприемных и радиопередающих устройств и техники СВЧ НГТУ и филиал кафедры электроники твердого тела Нижегородского государственного университета (НГУ). Директором НИИИС с 1994 г. после смерти первого директора Ю.Е. Седакова является В.Е. Костюков, главным конструктором с 1995 г. — В.А. Рязанцев. В настоящее время коллектив НИИИС делает все, чтобы преодолеть и решать проблемы, связанные с переходным периодом и конверсией.

НИИ импульсной техники (НИИИТ)

Е.М. Бершак, А.И. Веретенников, В.Н. Михайлов

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ

НИИ импульсной техники является головным институтом в области создания аппаратуры и измерительных систем для диагностики физических процессов, сопровождающихся, как правило, выделением больших энергий за малые промежутки времени и носящих единичный или редкоповторяющийся характер. Такие процессы реализуются в различных взрывных устройствах, в том числе ядерных, термо-ядерных, фундаментальных исследованиях, при исследованиях, связанных с измерениями очень высоких температур, давлений, концентраций и т. д.

Основной задачей исследования таких процессов является получение полной и достоверной информации о них за малый интервал времени наблюдения. Решение этой проблемы оказалось возможным только благодаря созданию специального класса измерительных приборов, методов измерений и измерительных систем со своей иерархией и методами обработки, включая и гарантированное метрологическое обеспечение измерений.

Практическая же реализация этой задачи началась с разработки аппаратуры для диагностики первых взрывов ядерных устройств в СССР. По-видимому, пионерами этого направления приборостроения можно считать физическое отделение ВНИИЭФ (Арзамас-16) и спецлабораторию Института химической физики АН СССР, из которой впоследствии и сформировался НИИ-50, пройдя несколько этапов своего развития. Организатором лаборатории и НИИ-50 и ее научным руководителем был профессор Б.М. Степанов.

Связано это было с тем, что в конце 40-х — начале 50-х гг. в СССР стали проводиться крупные физические эксперименты в натуральных условиях, и необходимо было обеспечить диагностику быстро протекающих ядерных процессов, что потребовало на первом же эта-

пе работ умения измерять параметры изделий с временным разрешением не хуже 10^{-8} с при интенсивности информативных излучений до 10^{22} МэВ/(см² · с). В качестве первоочередных были выбраны три направления разработок, позволяющие в сжатые сроки создать экспериментальные образцы новой измерительной техники, которая и была опробована с успехом в первых натуральных экспериментах. Эти направления следующие:

первичные преобразователи (детекторы) γ -излучения с возможностью регистрации в широком диапазоне (до 6-ти порядков по интенсивности) и быстродействием до 10^{-8} с;

вакуумные фотодетекторы интенсивного оптического излучения с временным разрешением около 10^{-8} с;

осциллографические регистраторы формы одиночных электрических сигналов с полосой частот до $f_1 = 100 \text{ МГц} \div 1 \text{ ГГц}$.

До середины 60-х годов эти направления являлись базовыми для НИИ-50. Помимо новых разработок по этим направлениям основной обязанностью института был серийный выпуск и поставка аппаратуры как институтам МСМ СССР, так и полигонам МО СССР.

Однако, по мере расширения объема экспериментальных работ отрасли на полигонах МО СССР, усложнения опытов и необходимости увеличения объема получаемой достоверной информации от каждого опыта, выяснилось, что существующая структурная схема взаимоотношений между авторами постановки опытов, научно-исследовательскими центрами и разработчиками аппаратуры не обеспечивает зачастую выполнения основных целей экспериментов, так как достоверность результатов не всегда могла быть подтверждена необходимым уровнем метрологического обеспечения измерений, отсутствовали единые методы измерений и обработки результатов в «стандартных» редакциях опытов и т. д.

Встал вопрос об уточнении профиля инсти-

туда, его месте и основных задачах в структуре МСМ СССР. Этот вопрос был решен на самом высоком государственном уровне — в виде Постановления ЦК КПСС и СМ СССР, в соответствии с которым на базе НИИ-50 был организован НИИ импульсной техники, который становился ответственным не только за научно-технический уровень разработки специальной измерительной аппаратуры, но и за разработку и формирование измерительных диагностических систем с поставкой их в необходимых объемах на полигоны МО СССР с последующим авторским надзором. По существу это означало, что НИИИТ отныне нес свою долю ответственности за разработку ядерного оружия, так как испытания изделий на полигонах и измерения реальных параметров являются заключительным этапом разработки.

Новые задачи и необходимость их квалифицированного решения потребовали укрепления кадров института за счет приглашения крупных специалистов из ведущих предприятий 5 ГУ. Так, из ВНИИЭФ пришли заместитель главного конструктора ВНИИЭФ на внешних испытаниях А.И. Веретенников, возглавивший в 1966 г. НИИИТ как директор и его научный руководитель; начальник теоретического отдела В.Н. Михайлов — один из ведущих разработчиков специзделий, ставший заместителем директора НИИИТ по научной работе. Из ВНИИТФ пришли Б.А. Предсин — высококвалифицированный специалист в области цифрового приборостроения, возглавивший в НИИИТ это новое направление; физик-экспериментатор З.А. Альбинов, возглавивший в НИИИТ направление измерительных систем, а также крупный производственник В.И. Волков, ставший главным инженером НИИИТ, и один из руководителей ВНИИТФ Н.В. Салтыков, назначенный заместителем директора НИИИТ по общим и социальным вопросам. В новой структуре НИИИТ должность главного конструктора сохранилась за одним из руководителей НИИ-50 — И.А. Архангельским, а некоторые важнейшие научные направления — за специалистами, работавшими в НИИ-50: М.Н. Нечаев возглавил теоретический отдел (ранее работал в ВНИИЭФ и ВНИИТФ); К.Н. Желтов (работавший ранее во ВНИИТФ) возглавил работы по созданию метрологических импульсных источников излучений; С. Ф. Хромов (работавший ранее во ВНИИЭФ) возглавил осциллографиче-

ское приборостроение; С. Ф. Семенов, Л.М. Горшунов, Ю.К. Славнов, В.В. Борисов, А.И. Бухалин и ряд других высококвалифицированных специалистов стали ведущими в области специального приборостроения.

Из МЭЛЗ был приглашен в НИИИТ ведущий специалист в области разработки электровакуумных приборов А.Г. Берковский, возглавивший отдел по разработке и мелкосерийному производству фотоэлементов и фотоумножителей со специальными параметрами.

Окончательное решение о новом профиле НИИИТ его основных задачах и взаимоотношениях с другими институтами и предприятиями отрасли было принято на совещании у заместителя министра МСМ СССР А.Д. Захаренкова в 1969 г. Следует отметить большой конструктивный вклад в формирование сегодняшнего облика НИИИТ главного инженера 5 ГУ МСМ В.И. Карякина. В значительной степени благодаря его энергии и требовательности институт перешел на современный уровень разработок с соблюдением нормативной технологической и конструкторской дисциплины, он также оказал содействие в развитии метрологической и испытательной базы института.

Чрезвычайно эффективную помощь институту постоянно оказывал сотрудник 5 ГУ, куратор НИИИТ А.В. Кручинин, который никогда не позволял себе формального отношения к нуждам института. Структура управления институтом в период с 1969 г. и по настоящее время практически осталась неизменной.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Тематика НИИИТ, как отраслевого института МСМ СССР, определялась 5 ГУ, и все новые разработки могли начинаться только с одобрения Главка. Возможно, именно это обстоятельство сохранило основной профиль института, хотя после 1969 г. тематика НИИИТ постоянно расширялась. НИИИТ сформировался как коллектив, который имеет возможность решать практически любую прикладную научно-техническую задачу, связанную с необходимостью разработки, изготовления опытных образцов и внедрения диагностических измерительных систем, способных через измерения параметров информативных излучений

исследуемого процесса (первичных или вторичных) зарегистрировать, обработать, отобразить и передать на расстояние весь объем информации об этом процессе.

Анализируемые далее научные направления деятельности института можно рассматривать как области исследований, где НИИИТ занимает ведущее положение в России. Спецификой разработок НИИИТ является проведение полного цикла разработок, начиная с НИР, выполнение ОКР, передача в серию, введение в эксплуатацию с последующим авторским надзором.

Доведение своих разработок до уровня введения их в эксплуатацию вызвано было, с одной стороны, уникальностью разработок и желанием их эффективного использования, а с другой стороны высокой ответственностью Института перед заказчиками, за которыми стояли государственные интересы.

Первичные преобразователи (детекторы) импульсных излучений. НИИИТ разрабатывает и изготавливает малыми сериями практически полный набор детекторов для регистрации импульсных излучений: оптического, рентгеновского, γ -нейтронного, электромагнитного, а также первичные преобразователи сейсмоколебаний высокой чувствительности.

Первичные преобразователи импульсного оптического излучения. Основные научно-технические проблемы, которые необходимо было решать при создании этой группы приборов, заключались в высокой точности преобразования формы импульса оптического излучения в электрический аналог в диапазоне длин волн от ультрафиолетового до инфракрасного при временном разрешении 10^{-8} – 10^{-10} с в очень широком диапазоне измерения интенсивности. Эта задача была решена разработкой двух групп электровакуумных приборов: фотоэлементов (ФЭ) и фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) различных модификаций в зависимости от назначения. Основные типы разработанных фотоэлементов составляют низкочувствительную группу фотодетекторов импульсного излучения. Спектральная чувствительность ФЭ определяется типом применяемого фотокатода.

Для регистрации оптических излучений относительно малой интенсивности разработана группа ФЭУ.

Третья группа фотодетекторов — электрон-

но-оптические преобразователи (ЭОП) предназначены для применения при пространственно-временной регистрации оптических изображений. Это одно из перспективных направлений измерительного приборостроения, так как объем информации с одного прибора может быть увеличен примерно в 10 раз. Помимо качественно новой информации, этот класс приборов позволяет в 10–100 раз увеличить быстродействие измерительного канала за счет сочетания в одном приборе фотодетектора и регистратора. В режиме хронографии один ЭОП позволяет заменить до 50 (и более) быстрых осциллографических регистраторов с полосой частот (5–10) ГГц, а в режиме мгновенной кадровой регистрации оптического изображения объекта дает возможность иметь до 10 кадров с интервалом времени между ними 10^{-8} – 10^{-10} с и временем экспозиции кадра до 10^{-9} с.

Электровакуумные приборы НИИИТ (ФЭ и ФЭУ), являющиеся детекторами оптических сигналов с уникальными параметрами, составляют также ключевую основу сцинтилляционных и черенковских детекторов импульсного ионизирующего излучения, а ЭОП определяет основные технические характеристики электроно-оптических регистраторов.

Детекторы импульсных ионизирующих излучений. Как уже отмечалось, сопутствующие исследуемому явлению ионизирующие излучения являются, как правило, основными источниками информации о нем. Более того, зачастую для получения достоверных данных о процессе необходимо измерять параметры не одного, а всех типов информативных излучений. Это обстоятельство требовало от разработчиков детекторов максимальной унификации их конструкции, а также создания условий для использования каждой из них для измерения нескольких видов излучений. Тем не менее, номенклатура детекторов получалась немалой, что связано было не только с большим количеством типов информативных излучений, но и с высокими требованиями обеспечения измерений в очень широком диапазоне длительности процесса (примерно от 10^{-3} до 10^{-9} с) и диапазона измерений интенсивности (до 10^6).

Все это привело к рассмотрению и использованию многих способов детектирования излучений с целью создания приборов с высокой

Таблица 1

Регистрируемое излучение	Детекторы	Временное разрешение (полуширина импульсной характеристики), с	Основные разработчики
Оптическое $\lambda = (0,3-2)$ мкм	Фотоэлементы Фотоумножители	10^{-10} $(0,5-10) \cdot 10^{-9}$	А.Г. Берковский В.Г. Гусельников А.Б. Костин Ю.И. Губанов
$\lambda = (1-20)$ мкм	Электронно-оптические преобразователи Пирозлектрические (калориметры)	$20 \cdot 10^{-12}$ $5 \cdot 10^{-9}$	З.А. Альбиков В.В. Якушин
Ионизирующие: нейтронное $E_n = (0,01 \div 20)$ МэВ гамма $E_\gamma = (0,1 \div 10)$ МэВ рентгеновское $E = (0,1 \div 100)$ КэВ	Сцинтилляционные Черенковские Полупроводниковые Алмазные Зарядовые	$(2-10) \cdot 10^{-9}$ $(1-3) \cdot 10^{-9}$ $(1-5) \cdot 10^{-9}$ $(0,1-2) \cdot 10^{-9}$ $(1-5) \cdot 10^{-9}$	А.И. Веретенников З.А. Альбиков О.В. Козлов В.Л. Буряков Ю.Б. Кондратенко В.И. Петров Н.И. Терентьев К.Н. Даниленко

точностью преобразования формы импульсов излучений в электрические или оптические аналоги.

В табл. 1 приведены основные параметры детекторов импульсных излучений, позволяющих проводить измерения рентгеновского, γ - и нейтронного излучений в диапазоне измерений их интенсивности от 10^{10} до 10^{25} см⁻² · с, а также оптического излучения до $3,5 \cdot 10^4$ Вт/мм².

Высокоскоростные осциллографические регистраторы однократных электрических импульсов. Основным требованием к регистраторам электрических сигналов, когда исследуются быстротекущие процессы, является по возможности точное воспроизведение формы импульса, пришедшего от детектора, так как именно форма импульса несет основную информацию о процессе. Вопрос этот может быть решен или записью сигнала в реальном временном масштабе процесса (на скоростных осциллографах) или же через его промежуточную запись в устройствах памяти с последующим считыванием.

На первом этапе был создан базовый двухканальный осциллографический регистратор средней широкополосности ($f_b \approx 100$ МГц) широкого применения СУР-1. Тонкий луч, хорошая линейность разверток позволяли с высокой точностью записывать форму однократных электрических сигналов при самых тяжелых условиях эксплуатации в полевых условиях.

Разработка по ТЗ НИИИТ специальной

электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) дала возможность создать еще один базовый осциллограф этого класса СРГ-5, что позволило регистрировать форму электрического импульса длительностью примерно до 10^{-9} с.

Основным недостатком этих «классических» осциллографических регистраторов является необходимость использования фотоаппарата с пленкой для записи исследуемого сигнала, что приводит к неудобствам при обработке результатов измерений.

Третье поколение осциллографических регистраторов создавалось на новой принципиальной основе через конструирование по ТЗ НИИИТ специальной ЭЛТ со встроенной микроканальной пластиной, которая способна запомнить и электронное изображение сигнала, что позволило осуществить и электрическое считывание формы импульса (при сохранении возможности фотографирования сигнала с экрана прибора).

На базе этой трубки разработаны аналогоцифровые регистраторы СРГ-7 и СРГ-8 с граничной частотой полосы пропускания до 5 и 7,5 ГГц, соответственно. В этом третьем поколении осциллографической аппаратуры НИИИТ решены вопросы съема и обработки результатов измерений за счет масштабно-временного преобразования электрического сигнала с экрана трубки. При этом информация может сниматься также стандартным путем —

Таблица 2

Тип прибора	Полоса пропускания, ГГц	Минимальная длительность нс/экран	Число градаций по амплитуде (отклонение на экране)	Аналоги		Основные разработчики	Серия
				в России	за рубежом		
СУР-1	0,1	300	200	Нет	Есть	С.А. Хромов В.В. Борисов Ю.К. Славнов	Заводы Минатома РФ
СРГ-5	1	5	200	Нет	Есть	С.А. Хромов Ю.К. Славнов	То же
СРГ-7 (СРГ-8)	5 (7,5)	1	512	Нет	Есть	В.В. Борисов Л.Н. Зюзин В.В. Рыбак	—»—

Примечание: Осциллографы метрологически аттестованы и способны работать в жестких климатических и механических условиях. Общее количество серийно изготовленных осциллографических регистраторов для МО СССР, АН РФ, институтов МАЭ РФ в период до 1995 г. (штук): СУР-1 — 1506, СРГ5 — 120, СРГ7(8) — 40.

фотографированием на фотопленку. В табл. 2 приведены основные параметры этих приборов.

Цифровые регистраторы однократных электрических сигналов. Этот класс приборов имеет свою нишу среди регистраторов однократных электрических сигналов. Основные их преимущества — возможность увеличения динамического диапазона регистрации по времени и амплитуде, повышение точности измерения, возможности большой экономии при создании многоканальных систем, легкости обработки результатов на ЭВМ, благодаря представлению информации в цифровой форме.

В НИИИТ цифровое приборостроение развивалось по двум направлениям: измерители интервалов времени (больших интервалов с высокой точностью!) через счет числа импуль-

сов с фиксированной частотой, заполняющих этот интервал и измерители формы электрического импульса.

Создание в НИИИТ проблемно-ориентированной информационно-измерительной системы СУПИ, включающее в себя разработку конструктивов СЭКР, приборного интерфейса, набора базовых модулей (системный контроллер, источник питания, таймер, ЗУ, интерфейсные блоки связи с внешними устройствами), позволило разработать в 1975—1990 гг. большой набор приборов функционального назначения в сжатые сроки. Начиная с 90-х годов приборостроение в НИИИТ ориентировано на международный стандарт МЭК-297 («Евромеханика»), а в качестве внутрприборного интерфейса принят стандарт МЭК-796

Таблица 3

Тип прибора	Назначение	Число каналов	Максимальное значение (... T), с	Погрешность измерения ... T _{max} , с	Основные разработчики	Серия
СССР-1,3	Измерение больших интервалов времени (... T) с высокой точностью	4—12	10 ⁻³	10 ⁻⁸	А.И. Макаров В.П. Головков Ю.П. Хохлов	НИИИТ Заводы МАЭ
СУПИ-10,23,30	То же	4—144	1	около 5 · 10 ⁻¹⁰	Б.А. Предеин В.И. Черников В.П. Субботин	То же
СУПИ-24,31,40	Измерение формы электрического импульса	10—48	100 МГц (частота по входу)	256 (число градаций амплитуды)	В.И. Черников В.П. Головков Н.И. Заболотный	—»—

(Малтибас 1). В табл. 3 приведены основные разработки НИИИТ в области цифрового приборостроения.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ (ИС)

Руководители работ: А.И. Веретенников, В.Н. Михайлов, Е.М. Бершак, И.А. Архангельский, З.А. Альбиков, К.Н. Даниленко.

Измерительная система — это выходная продукция института. Каждая из них предназначена для диагностики конкретного физического комплекса или отдельного крупного физического эксперимента с необходимым набором аппаратуры в виде функциональных аппаратурных комплексов (АК), детекторов излучений, вычислительных устройств и полного комплекта технической и эксплуатационной документации. По структуре — это многокомплексные, многоканальные системы с автоматизированными или автоматическими сбором, передачей и обработкой измерительной информации.

В зависимости от назначения и области использования условно можно классифицировать три типа измерительных систем НИИИТ:

измерительные системы для диагностики процессов в ядерных устройствах при их отработке на ядерных полигонах (передвижные лаборатории в полевых условиях);

измерительные системы для физических лабораторных измерений параметров уникальных физических комплексов (стационарные термоядерные установки, ускорители, моделирующие установки, импульсные реакторы и т. д.);

малогабаритные измерительно-вычислительные системы для целей дистанционного контроля несанкционированных перемещений делящихся материалов и изотопных источников.

Основными особенностями каждой измерительной системы НИИИТ, определяющими объем и достоверность полученной информации являются:

гибкость структуры, позволяющая перестраивать ее и менять объем и характер измерений в зависимости от целей и особенностей очередного эксперимента;

возможность автоматического контроля основных технических параметров системы до и

после проведения эксперимента с документированием ее метрологических характеристик.

Измерительные системы для диагностики ядерных устройств при их отработке на полигонах МО СССР. Основные разработчики: А.И. Веретенников, В.Н. Михайлов, Б.А. Предеин, З.А. Альбиков, Л.М. Горшунов, В.К. Волков, Ю.В. Стрельников, Б.Ф. Воронов, К.Н. Даниленко, В.А. Понер.

Первый крупный экзаменационный этап деятельности НИИИТ был реализован в 1969 г. на полигоне ГОСЦНИИП-2 МО СССР, где Государственная комиссия принимала диагностическую измерительную систему ИС-1 в эксплуатацию и провела с ее помощью зачетные измерения при испытаниях ядерного устройства. Комиссии было представлено четыре аппаратурных комплекса СГ1А, СГ2А, СГ3А и СГ4А, имеющих: 114 каналов регистрации с $f_b = 100$ МГц; 6 каналов регистрации с $f_b = 1000$ МГц; канала передачи быстрой информации на расстояние до 10 км; 120 детекторов γ - и нейтронного излучений.

В результате испытания ИС-1 комиссией были оценены как успешные, и первая измерительная система НИИИТ была принята в эксплуатацию. Срок службы ИС-1 был оценен в 6 лет, однако, несмотря на тяжелые полевые условия эксплуатации, когда передвижные лаборатории ежемесячно пересезжали с места на место по плохим дорогам при изменении температуры окружающей среды от -40 °С до $+40$ °С, эксплуатация аппаратуры этой измерительной системы первого поколения длилась около 10 лет.

В дальнейшем изготовление и оснащение двух полигонов МО СССР измерительными системами НИИИТ осуществлялось с учетом программы работ каждого из полигонов и условиями эксплуатации измерительной аппаратуры на них. Помимо тиражирования отдельных аппаратурных комплексов, показавших хорошие эксплуатационные параметры при высоких научно-технических возможностях аппаратуры, НИИИТ основное внимание уделял разработке следующих вопросов:

автоматизированный метрологический контроль параметров основных измерительных каналов до и после физических измерений с целью повышения достоверности результатов измерений;

автоматизация обработки основных результатов измерений с помощью ЭВМ;

развитие телеметрических каналов контроля работы аппаратуры, измерений и передачи информации с целью сохранения результатов эксперимента при внештатных ситуациях;

увеличение числа измерительных каналов на основе широкого использования цифровых измерительных приборов и электронно-оптических регистров;

увеличение объема экспериментальной информации за счет увеличения числа каналов для всех информативных излучений.

В результате, к 1980 г. НИИИТ оснастил полигоны ГОСЦНИИП-2 и ГЦП-6 автоматизированными измерительными системами АИС с достаточным количеством измерительной, вспомогательной и вычислительной аппаратуры, позволяющим проводить измерения в экспериментах в необходимых объемах. При этом, число измерительных каналов в каждом эксперименте могло доводиться до (2—3) тысяч.

В дальнейшем измерительная техника развивалась в направлении автоматизированного (а по некоторым задачам и автоматического) контроля не только этапа физических измерений, но и всех стадий подготовки самого эксперимента, что должно было не только уменьшить сроки подготовительных работ, но и конкретизировать их технический уровень, что также увеличивает достоверность и надежность получения окончательных результатов.

Эту систему — ЕАСИ (единая автоматизированная система измерений) НИИИТ создать не успел в связи с ограничениями финансиро-

вания после 1990 г. В табл. 4 приведены основные параметры ИС НИИИТ.

Участие НИИИТ в отработке ядерных устройств на полигонах МО СССР. Основные участники: В.Н. Михайлов, А.И. Веретенников — на уровне заместителей руководителей Государственной комиссии по проведению испытаний, Б.А. Предеин, З.А. Альбиков, С.Ф. Семенов, Л.М. Горшунов, Л.Л. Синий, Ю.В. Стрельников, К.Н. Даниленко, Б.Ф. Воронов, Ю.А. Наглис — на уровне руководителей экспедиций НИИИТ, членов Государственно комиссии по проведению опытов.

Испытания ядерного оружия на полигоне являются заключительным этапом его разработки, когда определяются его тактико-технические характеристики, а в случае физических опытов — физические характеристики процессов горения основных элементов. Помимо оснащения полигонов МО СССР измерительными системами и авторского надзора за ними, НИИ импульсной техники отвечал также за достоверность результатов физических измерений, полученных с их помощью при испытаниях ядерных устройств. Это обстоятельство потребовало от НИИИТ (совместно с ВНИИЭФ и ВНИИТФ) разработки около 20 методик физических измерений различных параметров ядерных устройств, в которых были регламентированы процедуры постановки измерений, приборный состав, методы поверки измерительных каналов, а также обработка и передача результатов измерений при испытаниях ядерных устройств. Эти документы явились результатом самостоятельных разработок ОК на уровне отрас-

Таблица 4

Тип ИС	Год передачи в эксплуатацию	Общее число измерительных каналов	Регистрируемые информативные излучения	Организации, эксплуатирующие ИС и тип работ	Изготовитель
ИС-1	1969	130	нейтронное, γ -излучение	ГОСЦНИИП-2 МО	НИИИТ, КБ АТО
АИС	1980	1000÷3000	нейтронное, γ -излучение, рентгеновское, оптическое	ГОСЦНИИП-2 МО, ГЦП6	НИИИТ, КБ АТО
ЕАСИ	1995 (проект)	1000÷10000	То же	То же	НИИИТ
Александрит	1985	до 1000	Оптическое, ЭМП, ЭМИ γ -излучение	Воздушные взрывы ядерных устройств	НИИИТ

левых стандартов, в которых участвовали специалисты НИИИТ, ВНИИЭФ, ВНИИТФ и испытательные полигоны МО СССР.

До передачи этих «стандартизованных» методик физических измерений в эксплуатацию специалистам полигонов МО СССР НИИИТ тщательно отработывал их в лабораторных и полевых условиях с последующим проведением зачетных измерений на контрольном опыте. Такая процедура позволила максимально унифицировать и ускорить процессы подготовки, проведения измерений и обработки результатов опыта с получением гарантированных параметров изделий.

Помимо измерений по «стандартизованным» методикам, специалисты НИИИТ привлекались также для измерений параметров ядерных устройств со своей специальной аппаратурой, которой не было у других организаций. Это касалось, в первую очередь, опытов, где существенно было обязательное получение результатов по быстрым кинетическим процессам горения изделий. Физические измерения параметров ядерных устройств с использованием измерительных систем НИИИТ и учетом требований соответствующих методик осуществлялись совместно специалистами НИИИТ и научно-испытательных центров МО СССР. Число выездов экспедиций НИИИТ для проведения измерений на полигонах колебалось от 3 до 12 в год.

Автоматизированная система сейсмического контроля (АССК) «Материк». По мере того, как становилась реальной перспектива заключения международного Договора о полном запрещении испытаний ядерного оружия, в СССР активизировались работы по созданию технических средств, способных на должном уровне вести непрерывную регистрацию сейсмических сигналов. При этом следовало учесть то обстоятельство, что вновь создаваемая сейсмоаппаратура должна была быть «состыкована» с аналогичной аппаратурой, имеющейся у партнеров по Договору, с целью обмена сейсмической информацией, что означало необходимость перехода к разработке цифровой аппаратуры.

В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР (1978 г.) комплекс работ по созданию новой аппаратуры для сейсмических станций и их обустройству был поручен МСМ СССР. Эта крупная научно-техническая

проблема решалась рядом институтов МСМ СССР и Институтом физики Земли АН СССР. Главным предприятием был назначен ВНИИ физических приборов, который уже в 1979 г. разработал эскизный проект автоматизированной сейсмической станции «Парус», включающей в состав трехкомпонентный сейсмометр с электронным блоком предварительной обработки сейсмосигналов в скважине на глубине до 300 м, а также наземный комплекс аппаратуры, обеспечивающий хранение информации, ее обработку и передачу в центр сбора информации.

Центральной проблемой во всем комплексе работ являлось создание скважинного сейсмометра с необходимыми параметрами (малые габариты, высокая чувствительность, линейность преобразования, малые собственные шумы), который и был разработан и внедрен для серийного изготовления.

Разработка автоматизированной сейсмической станции «Парус» была закончена в 1983 г. проведением ее государственных испытаний и последующим вводом в эксплуатацию.

Следующий этап развития и совершенствования этого научно-технического направления заключался в создании глобальной автоматизированной системы сейсмического контроля «Материк» с набором автоматических сейсмических станций («Парус-2»), расположенных в необходимых контрольных точках земной поверхности и способных вести непрерывную регистрацию сигналов с целью обнаружения возможных подземных ядерных взрывов на территории, составляющей более 70% площади Земного шара. Помимо станций «Парус-2» в состав «Материка» должна была входить система служебной связи и Центр сбора и обработки всей информации и обмена. За создание глобальной системы сейсмического контроля АССК «Материк» ответственность несло МСМ СССР. В 1986 г. главным предприятием по разработке системы «Материк» был назначен НИИ импульсной техники. Для ускорения разработки и внедрения АССК в НИИИТ были переведены из ВНИИ физических приборов основные разработчики «Паруса» и «Паруса-2» вместе с руководителями этого научно-технического направления А.И. Белоносовым и О.А. Столяровым. Активное творческое участие в разработке структурной схемы «Материк», ее оптимизации и выбора вы-

числительных средств для построения Центра обработки информации принял Главный конструктор НИИИТ В.Н. Михайлов, эта разработка и в дальнейшем находилась под его пристальным вниманием.

В 1992 г. весь комплекс работ по созданию системы «Материк» был успешно завершён проведением Госиспытаний. Были введены в эксплуатацию три автоматические сейсмические станции вблизи Норильска, Бишкека (Киргизия) и Хабаза (Северный Кавказ), семь автоматизированных станций в России и Казахстане, а также созданы Центральная станция спутниковой связи и Центр сбора обработки данных в Дубне. В работах по созданию АССК «Материк» участвовало более 30 предприятий СССР.

В результате Россия получила возможность обмениваться цифровыми сейсмическими данными с другими государствами и на этой международной основе осуществлять контроль за сейсмообстановкой на всем Земном шаре по соблюдению условий будущего Договора о полном запрещении ядерных испытаний. Отметим также, что система «Материк» является мощным средством для регистрации землетрясений и может составить часть глобальной сети сейсмических наблюдений и прогнозирования. В табл. 5 приведены основные характеристики АССК «Материк».

Диагностические системы для крупных лабораторных физических установок. Этот тип измерительных систем является индивидуальным для каждого физического комплекса в зависимости от научно-технических задач, решаемых на данной установке.

В иерархической структуре каждой такой ИС основными элементами получения необ-

ходимой информации являются измерительные каналы, включающие в себя детектор излучения (преобразователь), линию передачи сигналов и регистратор оптического или электрического импульса.

При построении конкретной ИС в основу кладется соблюдение некоторых принципов, позволяющих в значительной мере унифицировать элементы измерительных систем, облегчая тем самым решение конкретной проблемы, а именно:

информационная совместимость элементов ИС, для ее обеспечения используются стандартные интерфейсы и соответствующие средства сопряжения;

построение на основе перестраиваемых структур, что обеспечивается, в основном, перестройкой основных метрологических параметров используемых средств измерения;

регистрация всей информации в едином масштабе времени с началом отсчета, привязанным к исследуемому физическому процессу;

автоматизированная градуировка основных информативных каналов ИС до и после эксперимента для повышения надежности измерительной информации (эта процедура обязательна, особенно в крупных экспериментах, где число измерительных каналов может достигать 1000 и более).

В табл. 6 приведены некоторые характеристики ИС, разработанных и изготовленных НИИИТ.

Измерительные системы для радиационного контроля ядерного оружия, делящихся материалов (ДМ) и источников ионизирующих излучений. Основные разработчики: В.Н. Михайлов, З.А. Альбинов, Ю.Я. Тельнов, М.Ю. Чернов, В.С. Янов.

Таблица 5

Состав и режим работы	Охват контролируемой территории Земного шара	Обнаруживаемая «мощность» подземного взрыва	Погрешность определения координат взрыва, км	Погрешность определения момента взрыва, с
32 сейсмические станции (10 «Парус-2») на территории России	70% в Северном полушарии, 40% — глобально	1 кт в твердых породах) 5 кт в аллювии	100	5
Международный обмен данными (до 60 станций на территориях других стран)	100% на всем Земном шаре	аналогично	50	2

Основные разработчики А.И. Белоносов, О.А. Столяров, Е.Е. Шведов, И.А. Журич, А.К. Барышников.

Таблица 6

Тип ИС	Назначение установки	Информативные излучения	Общее число измерительных каналов	Масштаб измерения быстрых процессов, с	Место размещения установки	Состав ИС	Основные разработчики
«Ангара-5»	Термоядерные исследования инерциальных систем с (ДТ) мишенью	γ -Излучение, нейтронное, рентгеновское, электронное, электромагнитные поля	100÷1000	10^{-10}	Троицк	Аппаратура НИИИТ	З.А.Альбииков, О.Б.Козлов, М.И.Иванов
«Пульсар»	Исследования радиационной стойкости на линейном ускорителе ЛИУ-10	Электронное γ -излучение электромагнитные поля	100÷1000	10^{-9}	Арзамас-16	Аппаратура НИИИТ	З.А.Альбииков, В.А.Новиков, Н.И.Терентьев
«Памир»	Исследования стойкости аппаратуры к воздействию электромагнитных полей	ЭМИ	100÷1000	10^{-8}	Предприятия МО СССР	Аппаратура НИИИТ	Л.М.Горшунов Л.Л.Синий

Задача создания измерительных систем для идентификации делящихся материалов и радиоизотопных источников возникла в связи с необходимостью решения двух проблем.

1. В соответствии с Договором между правительствами СССР и США о взаимном сокращении и уничтожении некоторых групп ракет с ядерными боеголовками потребовалась аппаратура для дистанционного определения наличия в ракете ядерного оружия с целью взаимного контроля на заводах-изготовителях, базах и т.д.

2. Вторая проблема касалась необходимости создания аппаратуры для дистанционного определения наличия делящихся материалов и изотопных источников в багаже и транспортных средствах при несанкционированном их перемещении. В научно-техническом плане проблема заключалась в создании аппаратуры и методов измерения и обработки информативных излучений на уровне естественного фона и надежного выделения полезного сигнала, несущего информацию о наличии источника.

По принципу обнаружения аппаратура подразделялась на три вида: измерение одного вида информативного излучения по порогу интенсивности; измерение (параллельно) всех видов информативных излучений от предполагаемого источника по порогам интенсивности; измерение по порогу интенсивности и селек-

тивные измерения характеристических информативных излучений.

По конструктивному исполнению измерительные системы этой группы аппаратуры выполнены в трех вариантах, передвижные (на транспорте) и стационарные, в зависимости от назначения и условий эксплуатации. В табл. 7 приведены некоторые параметры измерительных систем этого класса.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ИС

Известно, что точность и достоверность результатов измерений определяется уровнем метрологического обеспечения средств измерений. Разработанный в НИИ импульсной техники новый класс детекторов излучений, регистрирующей и вспомогательной аппаратуры, а также измерительных систем для диагностики физических процессов, характеризующихся однократностью события, его малой длительностью, огромным выделением энергии, потребовал и создания технических средств для метрологического подтверждения основных характеристик аппаратуры. В сущности, нужно было перейти от измерений процессов длительностью около 10^{-3} с к процессам длительностью менее 10^{-9} с; от интенсивностей полей излучений около 10^{10} МэВ/с к

Таблица 7

Тип системы	Назначение	Измеряемые информативные излучения	Вид измерения	Минимальный уровень обнаруживаемой интенсивности естественного фона	Год окончания разработки	Серия (Аналоги)
СРПС2 СРПС2-1 СРПС2К	Контроль несанкционированного перемещения ДМ и радиоактивного источника	γ-излучение, нейтронное	пороговый по двум каналам	0,2—0,5	1980—1988	НПО «Молния» Минатома (США — NNS door monitor)
СРПН04 СРПН3 СРПН6 СРПН6МА	Контроль за положением и перемещением ДМ	нейтронное	пороговый	0,5	1991—1994	НПО «Молния» Минатома (США — SRM-100, ESP-2)
ССГИ2 СМГИ2	Дистанционный контроль ДМ и радиоактивного источника	γ-излучение	спектр	0,1	1985—1995	НИИИТ Минатома (Canberra Tunnel+ Canberra)
СКПФ-216 СКПФ-220	Дистанционный контроль ДМ и радиоактивного источника	нейтронное, γ-излучение	спектр	0,1 1990	1990	—
КСАР-1У-0,1	Контроль за перемещением ДМ на производствах и объектах	нейтронное, γ-излучение	спектр	1	1996	НИИИТ (PM-904 TSA)
АСРКБ-1У СМГМ3.01.02	Контроль за перемещением ДМ на производствах и объектах	нейтронное, γ-излучение	пороговые	1	1996 1996	—

интенсивностям около 10^{30} МэВ/с для всего спектра информативных излучений.

В связи со спецификой эксплуатации ИС в полевых условиях необходимо было разработать целый спектр образцовых источников, образцовых средств и методов поверки, которых не было в организациях Госстандарта.

Одним из важнейших научно-технических направлений в этой области явилось создание малогабаритных, транспортируемых, высоко-точных ускорителей электронов прямого действия с высокой удельной плотностью энергии на единицу массы, которые позволяли проводить поверку измерительной аппаратуры и измерительных каналов ИС в необходимом диапазоне времен и интенсивностей (табл. 8). На-

учным руководителем этого направления и основным разработчиком является К.А. Желтов.

По другим ионизирующим излучениям образцовые средства измерений, разработанные и созданные в НИИИТ, представлены в табл. 9 (разработки велись под руководством В.И. Матакова).

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ НИИИТ ПО КОНВЕРСИИ

Резкое уменьшение с 1993 г. объема разработок в НИИИТ по традиционной тематике, в связи с отсутствием финансирования со стороны заказчиков заставило коллектив института проанализировать возможные новые направления своей деятельности в рамках конверсии. Хотя практически все направления разработок

Таблица 8

Показатель	Единица измерения	Пикосекундный канал	Наносекундный канал
Длительность импульса излучения: электронного тормозного	нс (10^{-9} с)	менее 0,2 менее 0,2	$1,5 \pm 0,5$ $1,5 \pm 0,5$
Максимальная энергия излучения: электронов тормозных квантов	МэВ	$1,3 \div 1,5$ $1,3 \div 1,5$	$1,3 \div 1,5$ $1,2 \div 1,5$
Ток пучка электронов	кА	$5 \div 10$	$3 \div 10$
Интенсивность излучения на расстоянии 1 м от мишени	МэВ/(см ² · с)	10^{16}	10^{16}
Длительность импульса электромагнитного поля в ТЕМ-камере	нс	0,3	$2 \div 5$
Напряженность электрического поля	мВ/м	$5 \div 15$	$1 \div 10$
Напряженность магнитного поля	кА/м	$10 \div 30$	$2,5 \div 25$

Таблица 9

Измеряемое излучение	Назначение	Диапазон поверки чувствительности, Кл · см ² /нейтрон(квант)	Временное разрешение, с	Аналоги
Нейтронное	Комплекс поверочных средств на основе статических и импульсных источников моноэнергетических нейтронов	$10^{-10} - 10^{-18}$	—	Комплекс ВНИИЭФ
γ-Излучение	Комплекс поверочных средств на основе линейного ускорителя электронов ЛУЭ с $t_u = 20 \cdot 10^{-12}$ с, $I = 100$ А		10^{-10} с	UNL, США
Рентгеновское	Комплекс поверочных средств в диапазоне энергий 0,28—76 кэВ	$10^{-14} - 10^{-20}$		NBS, США

НИИИТ сравнительно легко можно было переориентировать с оборонных программ на нужды гражданских потребителей, однако, оказалось, что разработки новых высоких технологий практически никто из новых заказчиков не может финансировать.

Это относилось, в частности, к направлению работ по конверсионной тематике, по которой страна отстала на 15—20 лет от европейских стран и где НИИИТ мог бы выйти на современный уровень разработок и производства в сжатые сроки. Например, сложной медицинской диагностической аппаратуры (включая рентгенодиагностическую); аппаратуры для контроля экологического состояния окружающей среды (включая глобальный контроль

космоса); аппаратуры для контроля различных технологических процессов в промышленности, в значительной степени определяющих качество и стоимость продукции; миниатюрных полупроводниковых оптоэлектронных и других медицинских датчиков для контроля различных биохимических параметров, включая параметры крови и т. д.

В результате оказалось, что несмотря на наличие у института рабочих программ выполнения этих работ, высококвалифицированных кадров и лабораторного оборудования, из-за отсутствия необходимого объема инвестиций все эти направления находятся в неустойчивом состоянии. Поскольку все эти работы требуют для своего завершения на уровне

через кредиты в банках совершенно бессмысленны при существующих процентных ставках и сроках возврата кредита.

Тем не менее, ряд разработок НИИИТ нашел своих потребителей, которые и сегодня покупают изделия института в связи с их уникальностью и сравнительной дешевизной, например: пикосекундный генератор электронов (Китай, ряд научных учреждений); аналого-цифровой регистратор СРГ7(8) (Китай, ряд научных учреждений); алмазные и кремниевые дозиметры и ряд других.

Институт максимально использует возможность финансирования ряда своих проектов через Международный научно-технический центр (МНТЦ), созданный на уровне межправительственного соглашения и призванный поддержать в первую очередь специалистов МДЭ РФ в их переориентации на конверсионные программы. Однако остается проблемой выработка «нового научного имиджа» НИИ импульсной техники, который как нам пред-

ставляется, должен быть основан на продолжении его основных научных направлений деятельности, которые он развивал в течение 35 лет и при наличии инвестиций легко может быть ориентирован на гражданские нужды России в таких областях как здравоохранение, экология, промышленность.

На февраль 1996 г. в НИИИТ работали 1286 человек, в том числе: 854 ИТР, 421 рабочих, 11 служащих.

690 сотрудников имеют высшее образование, среди них 10 докторов наук, 70 кандидатов наук.

Численный состав, наличие высококлассных специалистов и ученых позволяют поддерживать репутацию института на высоком уровне, помогают сохранить наработанную за 35 лет существования института технологию разработки средств измерения и с пополнением молодыми специалистами (выпускниками МИФИ и других технических вузов) осваивать перспективные разработки.

Научно-исследовательский Технологический Институт (НИТИ) — Государственная испытательная станция по отработке и исследованию судовых ядерных энергетических установок (1962–1996 гг.)

В.А. Василенко, Э.С. Брянских, Р.Д. Филин

В течение 1952–1957 гг. в СССР Министерством Среднего машиностроения (МСМ, в то время Первое Главное Управление) были созданы первые образцы ядерных энергетических установок (ЯЭУ) для первого поколения атомных подводных лодок (ПЛА) ВМФ. Необходимость совершенствования ПЛА потребовало от науки, конструкторов и промышленности создания нового поколения ЯЭУ больших мощностей, с потушенным энергозапасом, с более высокими требованиями к надежности, безопасности, скрытности. Большое внимание уделялось также технологичности изготовления как реактора, так и всей ЯЭУ в целом с целью снижения трудоемкости и стоимости изготовления ПЛА.

Оборудование первого в СССР наземного стенда прототипа ЯЭУ первого поколения (с водо-водяным и жидкометаллическим теплоносителем), созданного в 50-е годы, исчерпало свой ресурс и не могло быть использовано для отработки ЯЭУ последующих поколений. Не удалось даже завершить ряд исследовательских работ по ЯЭУ первого поколения особенно по ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ), что и привело в дальнейшем к выходу из строя отдельных ЯЭУ с ЖМТ опытных и головных ПЛА.

Невозможность отработки новых ЯЭУ на стендах — прототипах беспокоило руководство Государственного Комитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ) — А.М.Петросьянца, Н.А. Николаева, Б.П. Папковского, руководивших в то время созданием энергетических установок для военно-морского флота, ведущих ученых и конструкторов ЯЭУ и особенно академика А.П. Александрова — научного руководителя проблемы атомного судостроения и сотрудников Института Атомной Энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ) — Н.С. Хлопкина и Г.А. Гладкова.

2 июля 1962 г. ЦК КПСС и СМ СССР постановлением № 665-273 по инициативе этих

руководителей и специалистов принимают решение о создании Филиала ИАЭ — Государственной испытательной станции (ГИ, с 1979 г. Научно-исследовательский технологический институт — НИТИ) по отработке и испытаниям наземных прототипов судовых ЯЭУ.

Местом строительства было определено южное побережье Финского залива, в 90 км от Ленинграда, в районе поселка Сосновый Бор. Это расположение позволяло использовать воду Финского залива для охлаждения энергоустановок практически в неограниченном количестве, а главное, приблизить наземные стенды-прототипы к основным конструкторским бюро Минсудпрома (МСП) по проектированию кораблей ВМФ, к научно-исследовательскому институту ВМФ-идеологическому центру по созданию флота, к головному научно-исследовательскому институту МСП — ЦНИИ им. А.Н. Крылова и к крупным судостроительным заводам МСП, которые могли бы принять участие в монтаже наземных прототипов, используя затем этот опыт при строительстве ПЛА и для подготовки заводских сдаточных команд.

Анализ хода проектирования и строительства ГИС свидетельствует об исключительной ответственности и оперативности ведомств и предприятий того времени. Особенно этим отличалось МСМ, имеющее огромный опыт создания в исключительно короткое время атомной промышленности. Так, в июле 1962 г. выходит постановление ЦК КПСС и СМ СССР, а уже в том же месяце Е.П. Славский подписывает приказ № 205 о немедленном начале проектирования и выдачи проектным институтом ГСПИ-11 (в настоящее время ВНИПИЭТ) рабочей документации на объем строительства 1962–1963 гг. Фактически строительство было начато в сентябре 1962 г.

Проектирование ГИС сильно осложнялось отсутствием решения о типе ЯЭУ для стендов-прототипов, так как в это время в стадии проектирования в нескольких конструкторских

бюро МСМ находились ЯЭУ различного типа для ПЛА. Надо отдать должное ГСПИ и его директору А.И.Гутову, который несмотря на практически полное отсутствие исходных данных по энергоустановкам сумел в течение года разработать проектное задание на строительство (утверждено приказом А.М. Петросьянца № 192 от 25.11.63 г.) и определил состав всех сооружений промплощадки с выдачей рабочих чертежей на объем строительства 1963 г. Большая роль в этом принадлежит главному инженеру проекта, сотруднику ГСПИ А.П. Епифанову, который используя опыт института по созданию комбинатов по производству оружейных ядерных материалов, руководил большой группой специалистов проектного института по созданию ГИС.

К решению вопросов проектирования привлекаются ведущие специалисты и руководители А.М. Петросьянц, его заместитель Н.М. Синев, начальник Управления ГКАЭ Н.А. Николаев, начальник Отдела судовых установок ГКАЭ Б.П. Папковский, академик А.П. Александров, Н.А. Доллежалъ и др. Одновременно на строящейся ГИС создается группа технологов из молодых талантливых инженеров, имеющих опыт как научной, так и конструкторской деятельности по проектированию ПЛА, т.е. таких специалистов, которые принимая участие в проектировании института, смогли бы в дальнейшем возглавить создание научных и производственных подразделений, а в ряде случаев стать их руководителями. Эта группа укрепляется специалистами, имеющими опыт строительства, испытаний и эксплуатации ПЛА на судостроительных заводах и первом наземном стенде-прототипе. Так, в мае 1964 г. с одного из судостроительных заводов по инициативе А.П. Александрова и Н.С. Хлопкина был приглашен Э.С. Брянских — в дальнейшем бессменный главный инженер НИТИ, прошедший на заводе путь от инженера управления реактором до главного технолога по испытаниям ПЛА. В 1965 г. с первого в стране наземного стенда-прототипа был приглашен начальник установки с ЖМТ, имеющий большой опыт освоения и эксплуатации этого типа ЯЭУ О.Г. Панов. Опытный инженер, умелый руководитель, он возглавил организацию работ по созданию в институте установки с ЖМТ. Такой коллектив специалистов совместно со специалистами проектного института смог обеспечить создание

уникального в стране научно-производственного комплекса на высоком научно-техническом уровне с учетом перспективы его развития.

Вопрос выбора ЯЭУ для отработки на стендах — прототипах неоднократно рассматривался на межведомственной секции судовых ЯЭУ научно-технического совета МСМ и 30 января 1964г. секция принимает решение о размещении в НИТИ в одном из зданий установку с реактором ОК-550 с ЖМТ, так как уже строилась головная ПЛА с этой ЯЭУ. В дальнейшем комиссия ВСНХ СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК) дополнительно принимает решение № 33 от 10.02.65 г. о разработке и создании вспомогательной ЯЭУ Э-6 для больших дизельных ПЛ с отработкой опытного образца в НИТИ. В августе 1966 г. секция НТС МСМ принимает решение № 78 о принятии установки ОК-650 Б, разрабатываемой ОКБМ (Ф.М. Митенков), для ПЛА третьего поколения с отработкой наземного прототипа этой установки в НИТИ (стенд КВ-1). Этим решением завершился процесс выбора типов наземных прототипов ЯЭУ для нового поколения ПЛА.

1966 г. явился для НИТИ годом превращения из строящегося предприятия в действующий научно-исследовательский комплекс, не имеющий аналогов в СССР. К этому периоду практически было закончено строительство на промплощадке всех предусмотренных проектом сооружений. Наступил период начала основной деятельности, период создания основных структур — научных, производственных, административных.

По мере ввода в действие оборудования производился набор персонала для обеспечения его эксплуатации, создавались соответствующие службы, в том числе службы главного инженера, обеспечивающие не только обслуживание, но и контроль за безопасностью работ, правильностью использования объектов котлонадзора и т. п.

Одновременно в эти же годы активно продолжалось строительство будущего города Соновый Бор. Строились не только жилые дома, но и школы, детские сады, магазины, а также системы водоснабжения, теплоснабжения, энергоснабжения, канализации и т. п. Институт выполнял функции генерального застройщика, обеспечивая организацию комплексного проектирования, строительства, а также эксплуатацию всего жилищного и инженерно-

го хозяйства города. Это потребовало создания жилищно-коммунального отдела (1966 г.), в дальнейшем Управления, которое обеспечивало обслуживание всех городских сооружений и территории города до 1989 г., когда эксплуатация городского хозяйства решением Ленobl-исполкома № 370 от 12.09.88 г. и приказом Министра № 112 от 14.02.89 г. была передана Горисполкому г. Сосновый Бор (вместе с жилищно-коммунальным Управлением).

Большая нагрузка по освоению инженерных сооружений, вводимых одновременно в городе и на промплощадке, легла на молодых энергичных сотрудников института, имеющих опыт эксплуатации энергохозяйства — Г.С. Кирина (в дальнейшем секретарь парткома, затем заместитель главного инженера) и В.А. Котлярчука (в дальнейшем бессменный главный энергетик института). Огромную помощь в создании административно-управленческих подразделений оказали сотрудники ИАЭ С.А. Тополин — заместитель А.П. Александрова по общим вопросам, В.Ф. Звездин — начальник ППО и др. Руководство ИАЭ всегда проявляло большую заботу о своем Ленинградском филиале, помогая в подборе кадров, в выделении средств на развитие основной деятельности, на эксплуатацию всего непрерывно растущего городского хозяйства. А.П. Александров очень часто приезжал в институт, помогал в решении вопросов проектирования, строительства, обеспечения поставок оборудования.

В июне 1966 г. после утверждения на коллегии МСМ приказом А.П. Александрова директором НИТИ был назначен А.Н. Проценко — молодой инициативный ученый, научный руководитель разработки ЯЭУ для ПЛА второго поколения. А.Н. Проценко активизировал работу коллектива по развитию научной деятельности, оснащению лабораторий исследовательским оборудованием, подготовке к исследованиям на стендах.

В апреле 1966 г. утвердили первый тематический план института на пятилетку (1966—1970 гг.). К этому периоду были созданы первые научные подразделения, послужившие в дальнейшем основой для создания крупных научных подразделений, обеспечивших как проведение исследовательских работ на стендах, так и выполнение большого объема самостоятельных научно-исследовательских работ. Малочисленность этих подразделений в на-

чальный период, недостаток опыта компенсировались молодым энтузиазмом (средний возраст коллектива, в том числе директора и главного инженера 25—35 лет) и горячим желанием осуществить мечту А.П. Александрова о создании уникального института — научного и технического центра ядерной энергетики судостроения. Особое внимание А.П. Александров просил обратить на устранение недостатков, выявленных при создании и освоении наземного стенда ЯЭУ первого поколения.

Потребовалось значительно расширить объем информации о работе установок с помощью дополнительных приборов для исследования всех возможностей ЯЭУ (в том числе предельных) в течение длительной кампании. Обработка такого объема информации традиционными методами стала просто нереальной, в связи с чем возникла необходимость создания систем автоматизированной обработки результатов испытаний с применением вычислительной техники. По инициативе молодого инженера С.Д. Малкина, поддержанной А.П. Александровым, было начато проектирование электронных имитаторов работы ЯЭУ, отличающихся от тренажеров более точной математической моделью для предварительной проверки особо опасных режимов и подготовки эксплуатационного персонала. В дальнейшем имитаторы были созданы для всех установок НИТИ и послужили основой для создания тренажеров для учебного центра ВМФ.

Для осуществления поставленных А.П. Александровым задач в декабре 1966 г. приказом по ИАЭ в НИТИ была организована лаборатория динамики под руководством С.Д. Малкина (в настоящее время — доктор технических наук, профессор, научный руководитель работ по созданию тренажера Ленинградской атомной электростанции, сотрудник ИАЭ). В качестве первой цели перед этой лабораторией была поставлена задача создания комплексного тренажера наземного прототипа стенда КМ-1 с ЖМТ (ППУ-ОК-550), который был пущен в 1967 г. на базе гибридной вычислительной системы, состоящей из аналоговой ЭВМ МН-14 и цифровой ЭВМ М-220. В дальнейшем в состав гибридной вычислительной системы была включена цифровая ЭВМ БЭСМ-6.

Идея централизации всех вычислительных ресурсов института и их многоцелевое использование неуклонно претворялось в жизнь и в

последующие годы при смене поколений ЭВМ. Для автоматизации испытаний всех ЯЭУ института создаются первые в стране измерительно-вычислительные комплексы (ИВК «Анис»), обеспечивающие сбор и обработку информации о работе систем и оборудования стендов.

На этих ИВК впервые был реализован режим аварийной циклической регистрации параметров установки («черный ящик»), позволяющий регистрировать параметры как до аварии, так и после нее. При помощи ИВК в НИТИ был создан уникальный архив экспериментальной информации по всем переходным и аварийным режимам всех исследуемых ЯЭУ за весь период существования института. Эта информация использовалась для верификации математических моделей динамики ЯЭУ, разрабатывающихся для исследования безопасности всех испытываемых ЯЭУ и создания тренажеров для стендов института и учебного центра ВМФ. Созданный задолго до пуска реальной ЯЭУ тренажер стенда КВ-2 (1987 г.) показал высокую эффективность не только для обучения персонала и исследования безопасности испытаний, но и для отработки алгоритмов управления и выявления недоработок в штатной системе управления.

Для расширения работ по исследованию динамики энергетических установок, в том числе и АЭС, в дальнейшем был создан универсальный моделирующий комплекс, состоящий из ЭВМ VAX (модель объекта) и четырех ПЭВМ (дисплейный пульт управления). Первые работы на моделирующем комплексе были связаны с исследованиями динамики и оптимизацией алгоритмов управления АЭС нового поколения (НП-500). Кадровый и научный потенциал, накопленный НИТИ по исследованиям динамики ЯЭУ, созданию тренажеров и ИВК, в том числе с функциями прямого управления, по созданию систем автоматизации проектирования, позволил институту разработать в 1990 г. концепцию создания АСУ ТП АЭС нового поколения (АЭС с ВВЭР-640) и институт был назначен Главным конструктором АСУ ТП головного энергоблока, что обеспечивает передачу и внедрение передовых технологий оборонных комплексов в системах автоматизации и управления в гражданскую ядерную энергетику.

Совокупность работ НИТИ по автоматизации ЯЭУ была удостоена Государственной премии СССР, и сотрудники института Ю.В. Ви-

ноградов, А. И. Колесников, С. Д. Малкин, Ю.А. Морозов, В.А. Свиридов, А.Х. Хайрутдинов стали ее лауреатами.

Помимо лаборатории динамики в 1966 г. начала деятельность объединенная лаборатория физики и теплофизики под руководством Н.С. Ильинского, имеющего опыт исследования физики реакторов первых наземных прототипов. В 1971 г. эта лаборатория была разделена на две лаборатории: физических исследований под руководством А.Б. Гусева и теплофизических исследований под руководством молодого ученого канд. техн. наук В.Б. Хабенского. В течение всего периода существования института лаборатория физических исследований (в настоящее время это — отдел, а его начальник А.В. Ельшин) участвует в работах ИАЭ по теме «совершенствование методов физических расчетов».

Основной объем работ отдел выполняет по организации и проведению загрузки—перегрузки активных зон всех реакторов НИТИ, по исследованию физических характеристик, исследованию поведения выгорающих поглотителей, сопоставлению проектных характеристик активной зоны с фактическими в течение всей кампании. Отдел активно участвует в работах главных конструкторов реакторов и ИАЭ по созданию средств внутриреакторного контроля, обеспечивает испытание и использование этих средств на стендах-прототипах. Большое значение для безопасности работы стендов имеет деятельность группы ядерной безопасности этого отдела (руководитель В.Г. Рябчиков), которая контролирует выполнение правил ядерной безопасности и разрабатывает меры безопасности при проведении потенциально-опасных работ.

Основной задачей теплофизической лаборатории (ЛТФИ) первоначально являлась организация проведения и анализ результатов теплогидравлических исследований стендов НИТИ в период пуско-наладочных работ и ресурсных испытаний. Однако, при развитии ЛТФИ под руководством В.Г. Хабенского перечень выполняемых задач был значительно расширен. Благодаря разработанной технологии теплофизических исследований на основе прецизионных теплофизических экспериментов на маломасштабных стендах и математических моделях повышенной точности совместно с экспериментальными исследованиями на

натурных стендах-прототипах были выявлены и исследованы новые теплофизические эффекты и реализованы предложения по оптимизации работы ЯЭУ, особенно на режимах частичной естественной циркуляции. В лаборатории были разработаны оригинальные методы диагностики теплогидравлических параметров активной зоны и реакторной установки стендов НИТИ, на которые было получено 20 авторских свидетельств на изобретения.

Кроме вопросов, связанных с проведением испытаний стендовых установок, в ЛТФИ велись исследования по обоснованию безопасности реакторных установок других типов. Например, было выполнено экспериментально-расчетное обоснование безопасности реакторной установки бассейного типа «Руслан». Это дало возможность обосновать безопасность установки «Руслан» в режимах аварийного обесточивания на номинальной и форсированных уровнях мощности. В настоящее время ЛТФИ, используя накопленный опыт, под руководством канд. техн. наук Ю.А. Мигрова ведет расчетно-экспериментальные исследования в обоснование безопасности энергоблока нового поколения с пассивными системами безопасности АЭС с реактором ВВЭР-640, а также исследования на специальном стенде последствий взаимодействия расплава активной зоны с конструкционными материалами этого реактора.

В начальный период создания НИТИ была организована лаборатория металлографии, руководитель Я.И. Шерман — главный технолог по сварке Северодвинского судостроительного завода, опытный специалист по сварке металлов и металлографии. Работы этой лаборатории на первом этапе создания института и монтажа ЯЭУ обеспечивали проведение сварочных работ, проверку качества материалов.

Одновременно в составе эксплуатационного персонала стендов созданы две химико-технологические группы: группа по стенду с ЖМТ под руководством В.Д. Головина, ранее работавшего на атомных ледоколах и группа по стенду с ВВР под руководством В.Я. Бредихина, ранее работавшего на строительстве АПЛ на Дальнем Востоке.

В 1969 г. начинает формироваться радиохимическая лаборатория под руководством канд. хим. наук Л.Н. Москвина (в настоящее время доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической химии Ленин-

градского Государственного университета), пришедшего по рекомендации А.П. Александрова из Радиевого института им. В.Г. Хлопина. Молодой, талантливый ученый, исключительно инициативный, Л.Н. Москвин разрабатывает предложение об объединении всех групп и лабораторий химического и материаловедческого направления в один отдел «химико-технологических и материаловедческих исследований» ОХТМИ — в настоящее время (с 1993 г.) им руководит А.А. Ефимов, воспитанник Л.Н. Москвина. В 1974 г. вновь созданный отдел позволил объединить усилия исследовательского и эксплуатационного персонала химических групп, что обеспечило возможность профессионального руководства и координации деятельности ранее обособленных подразделений. Решалась проблема профессиональной подготовки и поддержания трудовой активности в период между испытаниями ЯЭУ молодых специалистов (из которых, в основном, и формировался коллектив отдела) постановкой поисковых исследований в эти периоды.

Под руководством Л.Н. Москвина ОХТМИ быстро вышел за рамки решения внутриинститутских задач. Постоянно отдел оказывает помощь ВМФ и атомным электростанциям в решении оперативных химико-технологических проблем и в подготовке персонала. Признанием научного потенциала отдела явилось его назначение в отрасли Головным по проблемам химического и радиохимического контроля. Среди научных и прикладных разработок и результатов исследований, выполненных ОХТМИ на стендовых установках НИТИ необходимо отметить:

методы экспрессного хроматографического анализа для определения радионуклидного состава теплоносителей и сбросных вод;

метод двумерного газохроматографического анализа и созданные на его основе системы автоматического контроля газообразных сред;

создание технологии пассивации поверхностей реакторного и теплоэнергетического оборудования;

метод газожидкостной хроматографии, инструментальные и методические решения для контроля газов, растворенных в воде;

исследования процессов радиационно-термического разложения ионнообменных смол в контурах реакторов, обеспечившие выведение

ионитов из контура кипящего реактора Э-6 без выгрузки активной зоны;

химические технологии поддержания жидкометаллического теплоносителя в регламентируемых нормах в процессе эксплуатации ЯЭУ с ЖМТ и технологию герметизации трещин в корпусе реактора и парогенераторов методом зашлаковывания сплава;

малоотходную технологию дезактивации первого контура ВВР в сборе;

новые концепции систем радиационного контроля для АЭС повышенной безопасности.

Важным этапом в деятельности отдела явилось участие в организации и проведении работ по ликвидации аварийной обстановки в местах хранения отработавшего ядерного топлива на базах Северного и Тихоокеанского флотов. Руководство этими работами осуществлял зам. начальника отдела З.Ш. Закирзянов, большинство участников этой работы были награждены правительственными наградами.

При проведении испытаний наземных прототипов одной из главных задач являлось подтверждение достоверности измерительной информации, т. е. метрологическое обеспечение работ научно-технических подразделений. Для выполнения этой задачи в 1967 г. была создана метрологическая служба — отдел экспериментальных исследований методов и средств измерений (ОЭМСИ) под руководством В.Ф. Лекарева, работавшего ранее главным метрологом одного из Уральских заводов МСМ. Под его руководством была обеспечена государственная поверка всех средств измерений, обеспечена метрологическая аттестация автоматизированных измерительных систем, разработана методика поверки средств измерений ЯЭУ ПЛА в условиях эксплуатации без демонтажа приборов. Для успешного проведения испытаний были разработаны и изготовлены новые средства измерений специального назначения. Созданные широкодиапазонные расходомеры для стендовых установок по заключению межведомственной комиссии по своим характеристикам превосходят аналогичные приборы Минприбора. В настоящее время метрологическая служба института (руководитель А.Е. Карусев, заместитель по метрологии А.П. Лукашев) является одной из ведущих в отрасли.

Гордость института — введенный в эксплуатацию в 1965 г. экспериментальный механиче-

ский цех, оснащенный на тот период лучшим универсальным оборудованием. Его начальник — С.Н. Гирин (бывший ранее начальником лучшего в МСП опытного цеха Северодвинского завода, опытный руководитель) создал цех, который изготавливал практически любое оборудование от самого простейшего до сложных электронных приборов аналитической и радиационной химии, разрабатываемых учеными института.

Большое внимание было уделено контролю за возможным влиянием деятельности института на состояние окружающей среды. В 1967 г. началось создание лаборатории контроля окружающей среды. Ее возглавил Н.Н. Еремин, бывший ранее руководителем одной из Антарктических (Советских) станций. Под его руководством была создана экологическая лаборатория, которая не только проводила экологический мониторинг, но и вела самостоятельную исследовательскую работу, в том числе и по воздействию ЛАЭС на окружающую среду. После назначения Н.Н. Еремина начальником дрейфующей станции «СП-19» лабораторию возглавил И.И. Крышев — молодой ученый, кандидат физико-математических наук, в дальнейшем доктор, профессор. К сожалению, после передачи этой лаборатории из состава НИТИ в Радиевый институт и увольнения ведущих сотрудников (особенно И.И. Крышева) научная деятельность этой лаборатории практически прекратилась.

В эти же годы в институте был создан конструкторский отдел (начальники И.А. Бобылев, А.Н. Савин), который на первом этапе обеспечивал работу по комплектации проектной документации по наземным прототипам, ее изменение, подготовку нормативной документации и разработку проектов для обеспечения работ подразделений института по реконструкции, модернизации, работе с радиоактивным оборудованием, разрабатывал специальное оборудование для проведения исследований на стендах и т. п. После назначения начальником отдела молодого инженера Л.П. Георге и внедрения по ее инициативе автоматизации проектирования с учетом имеющегося в институте большого парка вычислительной техники положение резко изменилось. Конструкторский отдел уже мог работать не только для обеспечения внутренних нужд, но и разрабатывать документацию для «внешнего» рын-

ка. После получения лицензии на право проектирования объектов ядерной энергетики конструкторский отдел обеспечил выпуск рабочей документации на системы безопасности стендовых установок. По разработкам КО были изготовлены ряд приборов химического и радиохимического контроля для ВМФ, значительное количество оборудования для перегрузки реакторов, разработано оборудование для АСУ ТП ряда нефтедобывающих промыслов, ведется разработка приборов для радиационного контроля на АЭС.

Таким образом, в 1966—1967 гг. в институте были созданы все лаборатории — основа будущей научной деятельности, были построены все энергетические объекты, обеспечивающие функционирование института и работу стендовых установок. Определены прототипы судовых АЭУ: стенд КМ-1 с ППУ ОК-550 на ЖМТ; стенд Э-6 с кипящим реактором ТВП-4; стенд КВ-1 с ППУ ОК-650 с водо-водяным теплоносителем.

Наибольшая трудность в дальнейшем была связана с организацией монтажа стендов и обеспечением их оборудованием. Монтаж стендов мог быть выполнен в сжатые сроки и наиболее качественно судостроительным заводом, имеющим опыт строительства ПЛА. МСП нашло возможность поручить эту работу Горьковскому заводу «Красное Сормово» в связи с большой загрузкой Ленинградских заводов программой строительства ПЛА. Ранее этому же заводу решением ВПК было поручено изготовить стендовую установку Э-6. Однако начало монтажа стенда КМ-1 сразу же выявило большие трудности, связанные с удаленностью этого завода от НИТИ. Потребовались значительные материальные затраты для создания на территории НИТИ филиала этого завода с оснащением специальным судомонтажным оборудованием. Поэтому МСП было вынуждено поручить выполнение монтажа стендов Ленинградскому заводу «Адмиралтейское объединение». Наличие в составе стендов большого количества уникального опытного оборудования, производство которого в большинстве случаев еще не было освоено промышленностью, сдерживало монтаж стендов.

Совет Министров и ВПК по инициативе МСМ, ГКАЭ, НИТИ и МСП неоднократно рассматривали ход создания наземных прототипов и принимали постановления по обеспе-

чению проектирования и поставок как опытного, так и серийного оборудования. В составе ВПК была создана специальная группа, которая совместно с НИТИ и представителями ГКАЭ постоянно проверяла ход изготовления оборудования непосредственно на заводах поставщиках (Ижорский завод, Ленинградский Кировский завод, НПО «Аврора» и др.).

Активное участие в создании стендов принимали специалисты ВМФ, Главкомандующий ВМФ С.Г. Горшков поручил военной приемке на заводах изготовителях оборудования для стендов взять под свой контроль выполнение сроков поставки и контроль за качеством этого оборудования. Неоднократно командование ВМФ: С.Г. Горшков, его заместитель П.Г. Котов, руководство в/ч 27177 — И.Д. Дорофеев, Я.Д. Арефьев и другие посещали НИТИ, принимали участие в решениях основных вопросов, оказывали помощь в совместной работе с воинскими частями ВМФ.

По просьбе А.П. Александрова С.Г. Горшков для осуществления более тесной связи НИТИ с научными организациями и специалистами ВМФ, а также для участия в отработке опытных ЯЭУ в 1969 г. организовал при НИТИ военное представительство (4939 ВПМО). В 1969-1981 гг. руководил представительством капитан 1-го ранга, доктор технических наук, профессор А.Я. Благовещенский; в 1981—1989 гг., — капитан 2-го ранга, инженер Н.Н. Монахов; с 1989 г. по настоящее время — капитан 2-го ранга Б.И. Лозыченко.

29 июня 1970 г. ВПК принимает решение № 160: «...считать неправильной установившуюся практику отработки новых ЯЭУ и оборудования для них на головных и опытных ПЛ в связи с задержками ввода в действие наземных стендов ... принять порядок первоочередной поставки оборудования для наземных стендов в НИТИ». Это решение явилось переломным в ходе создания стендов, практически приравняв их создание к строительству опытных и головных ПЛА ВМФ. Оперативной группе по строительству кораблей ВМФ при СМ СССР было поручено рассмотрение и решение всех вопросов по созданию стендов наравне с этими вопросами по кораблям.

В развитие решения ВПК МСП проектирование всех стендов, кроме стенда КМ-1 (проектант СКБ-143, в настоящее время СПМБМ «Малахит»), поручило ЦКБ-18 (в настоящее

время ЦКБМТ «Рубин»), руководитель П.П. Пустынцев, главный инженер И.Д. Спасский (в настоящее время Генеральный конструктор, руководитель ЦКБ) как проектанту ряда проектов ПЛА с АППУ ОК-650 Б и проектанту стенда прототипа Э-6.

И.Д. Спасский, один из первых главных конструкторов ПЛА, понял все преимущества использования результатов отработки ЯЭУ на стендах прототипах в ходе проектирования не только ППУ (в чем, в основном было заинтересовано МСМ), но и для проектирования всей ЯЭУ в целом, что позволяло сократить сроки проектирования и избежать возможных недоработок проекта. Для обеспечения проектирования наземных стендов И.Д. Спасский создал в ЦКБ группу во главе с главным конструктором Э.Р. Поляком, имеющим опыт проектирования наземного стенда для одного из учебных центров ВМФ.

В апреле 1971 г. завод «Красное Сормово» закончил монтаж контейнера стендовой установки Э-6, доставил его и смонтировал в НИТИ (начальник здания С.М. Фомин, начальник установки Э-6 В.П. Сидорович. Испытания были начаты холодным физпуском реактора в августе 1971 г. (ответственный руководитель Н.С. Ильинский, научный руководитель А.М. Докучаев). 10 декабря 1971 г. начаты горячие пуско-наладочные испытания под руководством пусковой комиссии под председательством директора НИТИ А.Н. Проценко. 25 апреля 1972 г. на установке произошла авария, приведшая к потере герметичности примерно 80% твэлов и частичной разгерметизации крышки реактора. Группа специалистов, созданная по поручению Первого заместителя Министра Н.А. Семенова, в конце мая 1972 г. выяснила, что причиной аварии явились факторы, которые не могли быть учтены при проектировании установки, в связи с тем, что реактор такого типа разрабатывался впервые в стране, и его динамические характеристики определялись на основе традиционных методов оценки устойчивости реакторов водо-водяного типа.

Результаты анализа хода и причин аварии позволили определить комплекс мероприятий по модернизации стендовой установки и доработке проекта корабельного образца. С июня 1972 г. по 24 сентября 1973 г. силами персонала НИТИ с привлечением поставщиков оборудования и главного конструктора установки

НИКИЭТ были проведены восстановительные и модернизационные работы на стенде. Одновременно была выполнена модернизация турбогенераторного блока и проверка его работы от постороннего источника пара (от промышленной котельной НИТИ).

Вторая кампания после загрузки новой активной зоны была начата 21.09.74 г. горячими пуско-наладочными испытаниями комиссией под председательством главного инженера НИТИ Э.С. Брянских. 1 декабря 1974 г. установка была предъявлена комиссии по проведению межведомственных испытаний под председательством сотрудника в/ч 27177 Ю.А. Убранцев. Межведомственные испытания подтвердили правильность и перспективность технических решений, заложенных в проект установки.

В процессе дальнейших испытаний (с 24.05.75 г. по 07.04.76 г.) лабораториями НИТИ и эксплуатационным персоналом был проведен значительный объем исследовательских работ по физике активной зоны, по динамике реактора и всей установки в целом, по химии и радиохимии теплоносителя, по изучению радиационной обстановки и отработке режимов электроэнергетической установки. Ресурсные испытания подтвердили эксплуатационную надежность и соответствие характеристик установки требованиям технических условий.

Важную роль в процессе всех испытаний сыграло использование разработанного в НИТИ комплекса автоматизированного сбора и обработки экспериментальной информации АНИС-6, сделав возможным более глубокое понимание процессов, происходящих в установке, а следовательно, и выработку мер по улучшению переходных процессов. После ресурсных испытаний и проведения ревизии установка в начале 1977 г. была подготовлена к дальнейшему проведению исследований, которые были завершены в марте 1988 г. после выработки всего энергозапаса. Таким образом, в марте 1988 г. полностью было завершено создание и отработка малогабаритной одноконтурной АЭУ Э-6 с кипящим реактором с новыми прогрессивными научно-техническими решениями.

Опыт отработки и исследований был использован в 1985—1986 гг. при проведении испытаний корабельного образца установки с участием персонала НИТИ на одной из дизельных подводных лодок Северного флота, а

также при ремонте в 1990—1991 гг. турбогенератора корабельного образца установки силами персонала НИТИ под руководством главного инженера установки В.В. Ишина по разработанной совместно с НИКИЭТ с привлечением Калужского турбинного завода технологии без выгрузки турбогенераторного блока из корпуса подводной лодки. К сожалению, в связи с резким сокращением строительства кораблей ВМФ серийное производство установок этого типа не было организовано.

Второй из наземных прототипов — стенд КМ-1 (начальник стенда О.Г. Панов) представлял собой прототип ЯЭУ одной из подводных лодок, уже находящейся в стадии строительства. Отставание ввода в действие стенда от строительства головной ПЛА привело к тому, что ряд серьезных конструктивных и монтажных дефектов, выявленных в ходе испытаний ПЛА, привели практически к полному выходу из строя ЯЭУ вплоть до невозможности ее восстановления и необходимости консервации этой ПЛА.

Ядерная паропроизводящая установка этого стенда ППУ ОК-550 с жидкометаллическим теплоносителем ЖМТ была разработана ОК БМ МСМ, проектант всего наземного прототипа СПМБМ «Малахит» МСП. Научное руководство разработкой и созданием стенда КМ-1 осуществлялось ФЭИ МСМ.

С целью проведения исследований реактор в отличие от корабельного образца был оснащен термометрическими устройствами для возможности измерения температуры теплоносителя по высоте и радиусу активной зоны, а для проведения исследований по технологии ЖМТ при помощи байпасных линий мог вводиться в специальное помещение за пределы корпуса контейнера. Для получения дополнительной информации кроме штатных приборов на стенде имелась специальная система экспериментальных измерений (СЭИ) — 253 канала аналоговой информации и 99 каналов дискретной информации. Обработка информации производилась автоматизированным измерительно-вычислительным комплексом ИВК АНИС-550.

Монтаж стенда КМ-1 был начат заводом «Красное Сормово» в 1968 г., строительные и монтажные работы были завершены к концу 1976 г. После проведения сдаточных испытаний 12.09.77 г. был завершён монтаж активной

зоны, и выемная часть установлена в корпус реактора. В I квартале 1978 г. производился разогрев установки паром от котельной и 18.03.78 г. контур был заполнен сплавом.

После проведения пассивации контура с участием и по методике ОХТМИ установка 26.05.78 г. была предъявлена межведомственной комиссии (МВК) для проведения комплексных сдаточных испытаний, которые были закончены 06.06.78 г. Были проверены все основные и вспомогательные системы во всем диапазоне нагрузок, включая работу на номинальной мощности, а также физические характеристики активной зоны.

Результаты подтвердили соответствие всех характеристик расчетам и проекту. Стенд был принят в эксплуатацию и допущен к дальнейшим испытаниям и исследованиям.

В течение 1979 г. был выполнен большой объем модернизационных работ на системах и оборудовании стенда и смонтирован ряд усовершенствованных приборов для работ по технологии ЖМТ.

После выполнения в течение июня-июля 1980 г. подготовительных работ к проведению дальнейших испытаний и исследований 27.07.80 г. начались длительные ресурсные испытания установки. Эти испытания подтвердили работоспособность установки на всех режимах, включая и аварийные. В декабре 1980 г. была обнаружена течь сплава. В связи с недоступностью и невозможностью определения места течи была произведена попытка зашлаковать место течи химическими методами окислительного сплава по разработанной ОХТМИ технологии, в результате чего течь была ликвидирована.

В течение 1979—1981 гг. на стенде выполнен большой объем исследований по технологии ЖМТ, по отработке методов и средств контроля и поддержания качества сплава применительно к условиям эксплуатации кораблей ВМФ. При испытаниях использовались хроматографы разработки ОХТМИ, что позволило детально изучить динамику процессов и выдать рекомендации по технологии ЖМТ для действующих и строящихся ПЛА. Это обеспечило по сравнению с головной ПЛА их безаварийную эксплуатацию.

К сожалению, из-за резкого сокращения строительства ПЛА с ЯЭУ на ЖМТ многие из результатов исследований на стенде-прототи-

пе, особенно по ЖМТ, оказались не востребо-
ванными, но в полном объеме могут быть ис-
пользованы в дальнейшем при проектировании
судовых ЯЭУ на ЖМТ или разработке АЭС с
использованием в качестве теплоносителей
жидких металлов. 15 августа 1987 г. активная зо-
на стенда КМ после выработки всего ресурса
была выгружена из реактора и помещена в спе-
циальное хранилище, где и находится в насто-
ящее время в «замороженном» состоянии.

Создание наземного прототипа ЯЭУ (стенд
КВ-1) с водо-водяным реактором типа ОК-650Б
главный конструктор Г.Ф. Носов ОКБМ МСМ,
несмотря на наличие постановления СМ СССР
№908-321 от 21.11.68 г., определившее изгото-
вителей основного оборудования и сроки его
поставки, проходило с большими трудностями,
так как большинство сроков были сорваны по-
ставщиками. Поэтому ВПК в целях координа-
ции всех работ по созданию стенда включила
эти работы в систему сетевого планирования и
контроля «Пуск — Агрегат», по которой
ЦКБМТ «Рубин» руководил созданием ПЛА.

Общее руководство созданием стенда осу-
ществляло 16 Главное Управление МСМ (на-
чальник Главного Управления А.Г.Мешков,
начальник Управления судовых энергоустано-
вок Б.Г. Папковский).

К июлю 1975 г. все основные монтажные
работы были закончены и эксплуатационный
и научный персонал 22.07.75 г. завершили за-
грузку активной зоны реактора с исследовани-
ем физических характеристик активной зоны
(руководитель физпуска Н.С.Ильинский, зав.
лабораторией физических исследований
А.Б. Гусев). Наземный прототип КВ-1 пред-
ставлял специальный контейнер, являющийся
прототипом трех энергетических отсеков ПЛА:
реакторный (отсек ППУ), вспомогательных
механизмов и пульта управления, турбинный
(отсек ПТУ). Вне контейнера располагался ги-
дротормоз для срабатывания мощности, разви-
ваемой турбиной.

Для обеспечения испытаний и исследований
стенд был оснащен разработанной и изготов-
ленной в НИТИ (руководитель работ С.Д. Мал-
кин, главный конструктор Ю.В. Виноградов)
автоматизированной системой сбора и матема-
тической обработки информации со всех датчи-
ков стенда (комплекс АНИС-650 с ЭВМ
М-6000, БЭСМ-6). 25 декабря 1975 г. установ-
ка была предъявлена межведомственной комис-

сии, назначенной приказом А.Г.Мешкова № 07
от 30.06.75 г. под председательством Б.П. Пап-
ковского. В ночь на 29.12.75 г. впервые энерго-
установка стенда КВ-1 была выведена на энер-
гетический уровень мощности. Управление и
обслуживание ЯЭУ обеспечивалось эксплуата-
ционным персоналом НИТИ (начальник ком-
плекса энергетических установок А.К. Кривцов,
зам. начальника комплекса В.В. Воронин, на-
чальник установки КВ-1 А.И. Хозичев). Межве-
домственные испытания были завершены 29
сентября 1976 г. и начаты исследования возмо-
жностей работы установки на проектных режи-
мах с определением запасов по теплотехниче-
ским характеристикам. В результате этих работ
удалось значительно превысить проектные зна-
чения этих характеристик.

После длительных ресурсных испытаний на
установке были заменены оказавшиеся нерабо-
тоспособными проектные расходомеры пита-
тельной воды на разработанные и изготовлен-
ные в ОЭМСИ НИТИ расходомеры «Сумма-
тор». В марте 1979 г. были начаты испытания
системы безбатарейного расхолаживания, раз-
работанной ЦКБМТ «Рубин», а 20.06.79 г. в ре-
зультате открытия одного из клапанов системы
(по неустановленной причине) произошла не-
санкционированная подача пара в водяную ци-
стерну этой системы, что привело к паровому
взрыву и частичному разрушению строитель-
ных конструкций здания стенда КВ-1. Сама же
установка, несмотря на разрушения, осталась в
работоспособном состоянии, а реактор был рас-
положен до безопасного уровня.

В течение 1979 г. проводились восстано-
вительные работы строительных конструкций,
после чего испытания были продолжены до
выработки ресурса активной зоны первой кам-
пании. В январе 1983 г. была произведена вы-
грузка активной зоны с одновременным про-
ведением МВИ серийного оборудования для
перегрузки активных зон ПЛА ВМФ, а в мар-
те 1983 г. была загружена активная зона вто-
рой кампании. Испытания были продолжены
вплоть до сентября 1986 г. с отработкой обо-
рудования и комплексной системы автоматичес-
кого управления и защиты до выработки ре-
сурса активной зоны второй кампании.

По предложению главного конструктора
(ОКБМ) третью кампанию работы стенда КВ-1
было решено посвятить исследованиям ресур-
сов активных зон с тепловыделяющими эле-

ментами различных типов, для чего была изготовлена так называемая «пестрая зона», состоящая из различного типа твэлов, однако возросшие к этому времени требования к ядерной безопасности (особенно после Чернобыльской трагедии) потребовали проведения большого объема проектных и модернизационных работ, которые продолжались до 1994 г. Только в декабре 1994 г. удалось загрузить активную зону третьей кампании и провести физпуск. Межведомственные испытания модернизированного стенда проведены с 24.12.94 г. по 23.01.95 г., и начаты исследования на стенде в третьей кампании.

Большую роль в успешном проведении испытаний и отработке стенда КВ-1 сыграл директор НИТИ Е.П.Рязанцев. Он широко поддерживал инициативу научных подразделений в развитии и расширении исследовательских работ не только по стендам, но и по ряду смежных направлений науки и техники. Лаборатории и научные отделы по ряду работ вышли на уровень головных в отрасли, особенно в таких направлениях, как химические исследования, исследования теплофизики, физики реакторов, внедрение вычислительной техники, исследования безопасности, динамики реакторов, создания тренажеров и др.

За участие в создании ППУ ОК-650 Б и отработку ее на стенде Е.П. Рязанцев был удостоен звания Лауреата Ленинской премии СССР, Э.С. Брянских — звания Лауреата Государственной премии СССР, а значительная часть персонала награждена орденами и медалями СССР.

При Е.П. Рязанцеве вырос ряд руководителей подразделений института: В.П. Журавлев — в настоящее время главный инженер института, В.Е. Воронин — начальник КЭЭР, А.В. Ельшин — начальник ОНФИ, А.И. Колесников — начальник ОДИ, ученый секретарь института Р. Д. Филин и др. Особенно среди молодых специалистов выделялся любознательностью, инициативностью, интересом ко всем сторонам деятельности института, коммуникабельностью, обаянием В.А. Василенко, было очевидно, что он вырастет в крупного ученого руководителя.

Большой потерей для института стало возвращение Е.П. Рязанцева в 1979 г. на прежнее место работы в ИАЭ. Одновременно приказом Министра № 0198 от 25.07.79 г. филиал ИАЭ

НИТИ был преобразован в самостоятельный институт. Это усложнило научно-техническое руководство деятельностью НИТИ со стороны ИАЭ, хотя советы А.П. Александрова и его авторитет помогли дальнейшему развитию института.

Директором НИТИ был назначен Ю.А. Прохоров, до этого работавший в ФЭИ начальником одного из научных отделов. Однако, в период начавшейся перестройки и конверсии оборонных отраслей науки и техники Ю.А. Прохоров не был избран коллективом института на новый срок в должности директора и возвратился в 1993 г. в ФЭИ. Директором НИТИ был избран и назначен В.А. Василенко.

Несмотря на трудности, связанные с переборами в финансировании, с изменениями условий финансирования, в институте продолжалось создание еще одного наземного прототипа — стенда КВ-2 с совершенно новыми принципами обеспечения циркуляции теплоносителя (Главный конструктор Г.Ф. Носов, ОКБМ МСМ). Предложение МСМ, МСП, МО СССР (ВМФ) о создании стенда с этим реактором были одобрены СМ СССР Постановлением № 218-68 от 26 февраля 1981 г., в котором были определены все участники его создания.

Для размещения стенда в НИТИ было построено и сдано под монтаж здание стенда КВ-2 (начальник стенда В.Я. Георге) в I квартале 1984 г., а в IV квартале Ленинградское Адмиралтейское объединение приступило к монтажу наземного прототипа ЯЭУ. Контроль за созданием стенда производился центром сетевого планирования и управления (СНУ) «Пуск — Агрегат» в ЦКБМТ «Рубин» МСП.

Загрузка активной зоны реактора произведена в мае 1993 г. По мере завершения монтажа отдельных систем и механизмов силами персонала НИТИ под руководством начальника стенда КВ-2 В.Я. Георге производились пусконаладочные испытания. Монтаж стенда был завершен полностью в июле 1995 г. и установка предъявлена к МВИ. В декабре 1995 г. был произведен физпуск реактора, и с выходом на энергетический уровень мощности 30 января 1996 г. начаты МВИ. 14 февраля 1996 г. под руководством межведомственной комиссии (председатель Б.П. Папковский) осуществлен выход на номинальную мощность. Испытания продолжаются.

Институт, созданный как государственная

испытательная станция, превратился в центр по комплексным испытаниям корабельных ЯЭУ, их доводке на полномасштабных стендах-прототипах до требуемого уровня надежности и безопасности — единственный в России (после закрытия стендов в Обнинске кроме НИТИ не осталось предприятия, которое бы решало экспериментальные задачи обеспечения безопасности корабельных ЯЭУ).

Особенность института заключается во всеобъемлющем охвате концевых технологий создания корабельных ЯЭУ, концентрирующих в себе итоговые результаты работ многих научных и конструкторских коллективов. На его базе сформировались пионерские принципы комплексной отработки уникального сложного энергетического оборудования, наиболее прогрессивные и эффективные технологии и разработки, включая дезактивацию оборудования, подготовку эксплуатационного персонала на тренажерах, что в совокупности обеспечило создание надежной корабельной ядерной энергетики. Накоплен огромный объем уникальной экспериментальной информации о поведении параметров реакторных установок в эксплуатационных и, что особенно важно, аварийных режимах. Об эффективности научной деятельности института свидетельствует факт защиты сотрудниками 8 докторских и 60 кандидатских диссертаций и 229 изобретений.

Таким образом, осуществилась мечта А.П. Александрова о создании в России научно-инженерного центра судовой ядерной энергетики.

Большой вклад в обеспечение строительства и развитие института внесли заместители директора: по капитальному строительству — И.В. Ляльченко (1969—1973 гг.); Ю.Д. Ходырев (1979—1985 гг.); И.Ф. Кицак (с 1985 г. по настоящее время);

по общим, вопросам — В.Ф. Москалев (1973—1983 гг.);

по режиму и охране — А. П. Викторов (1966—1974 гг.); А. Д. Косолапов (1974—1983 гг.); Ю.М. Кожевников (с 1986 г. по настоящее время);

по кадрам — Н.А. Кононов (1965—1980 гг.); В.С. Шевченко (с 1980 г. по настоящее время);

по гражданской обороне — Г.Ф. Забелин (1978—1993 гг.);

ученый секретарь — Р.Д. Филин (с 1983 г. по настоящее время).

Сейчас НИТИ, учитывая накопленный им многолетний опыт испытаний корабельных ЯЭУ, выступил с предложением о том, чтобы аналогичная схема действовала и при создании АЭС нового поколения, которая бы создала условия и обеспечила достижение уровня безопасности, удовлетворяющего рекомендациям МАГАТЭ и требованиям нормативных документов, принятых за последние годы. Причем, предлагается это делать на единой основе, с использованием технологии, отработанной НИТИ в процессе испытаний на стендах прототипах корабельных ЯЭУ. В комплекс работ по отработке энергоблоков АЭС должно входить и создание на базе всережимных моделирующих комплексов имитационных установок, тренажеров различного класса для подготовки на них оперативного и эксплуатационного персонала АЭС НП-500. Соседствуя и развиваясь рядом, оба направления (судовое и «АЭСовское») будут взаимно обогащать и дополнять друг друга,

Эта концепция, являющаяся примером реальной конверсии, была поддержана и скреплена решением Правительства о создании в составе НИТИ Северо-Западного научно-промышленного центра ядерной энергетики (распоряжение Правительства РФ от 17.09.1992 г. № 1728-р) и реализуется сейчас применительно к АЭС с ВВЭР-640 (проект НП-500 Санкт-Петербургского Атомэнергопроекта). На площадке НИТИ создается опытно-промышленный (головной) блок АЭС нового поколения с необходимой инфраструктурой для отработки и доводки на нем серийных энергоблоков (комплекс тепловых станций для отработки и обоснования безопасности электростанции — крупномасштабный стенд и комплексный стенд исследования тяжелых аварий, тренажеры различного класса, центр анализа аварийных ситуаций и управления аварией и др.).

Строительство головного энергоблока и исследовательских объектов Северо-Западного НПЦ АЭ впервые в России ведется с соблюдением всех российских и международных требований по безопасности, с прохождением всех этапов лицензирования. ТЭО на строительство НПЦ АЭ было утверждено в декабре 1994 г., в начале 1995 г. получено предварительное заключение ГАН РФ на площадку строительства. В настоящее время проводится экспертиза и получение лицензии на начало строительства энергоблока.

Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ)

Д. И. Скороваров

17 апреля 1951 г. Постановлением Совета Министров СССР за № 1242/6200 на базе лабораторий, выделенных из ГИРЕДМЕТ, и опытного завода в Подольске был организован Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ), получивший в то время прозаическое название НИИ-10. В 1952 г. из Электростали (НИИ-29) пришла группа Б.Н. Ласкорина. В 1953 г. из НИИ-9 была переведена группа под руководством Ф.М. Лоскутова, и к началу 1954 г. в институте уже работало около 600 человек. Первым директором ВНИИХТ был доктор техн. наук, проф. П. И. Бучихин. Он руководил институтом с 1952 по 1956 г. Его сменил член-корр. АН СССР А.П. Зефиров, который на этом посту был в 1956—1974 гг. С 1974 г. по настоящее время институтом руководит доктор техн. наук, проф., вице-президент Академии промышленной экологии Д. И. Скороваров.

Коллектив института в основном комплектовался за счет опытных кадров и молодежи — выпускников Ивановского химико-технологического института, МГУ, ЛГУ, ЛТИ им. Ленсовета, МХТИ, МИ цветных металлов и золота, вы-

пускников средних специальных учебных заведений страны.

При организации института основной задачей были исследования в области добычи сырья для ядерной промышленности, его обогащения и методов переработки уранового сырья до технически чистых соединений. Поэтому первоначально создаются: геологическая лаборатория во главе с Г.И. Петровым; обогатительная лаборатория — ее возглавил Г.А. Ковда; аналитическая лаборатория во главе с Р.Ф. Макаровой; технологический отдел в составе 3-х лабораторий (Г. Л. Меерсон Г.Ф. Силина, А.И. Вайсенберг).

Сегодня мы с благодарностью вспоминаем имена замечательных технологов, стоявших у истоков образования и развития института, — Марии Андреевны Маковецкой, Григория Еремеевича Катана, Татьяны Александровны Успенской, Алексея Александровича Осипова, Сергея Ивановича Пухова, Василия Герасимовича Бахурова, Георгия Михайловича Алхазавили и других.

В это время в институт пришли молодые ученые — Б.Н. Ласкорин, Б.В. Невский, Н.П. Галкин, А.А. Майоров, молодые специалисты — М.Е. Куприн, И.А. Якубович, Г.П. Полуаршинов, Л.И. Водолазов, Н.М. Смирнова и многие другие, выросшие впоследствии в крупных ученых и руководителей.

Усложнялись задачи, связанные с дальнейшим развитием ядерной энергетики в Советском Союзе. Уже в 1954 г. в структуре института функционировали 16 лаборатории. Рас-



Скороваров
Джон Иванович



Бучихин
Петр Иванович



Зефиров
Алексей Петрович

ширялись и крепили связи с другими научными организациями, проектными организациями, промышленными предприятиями. В 1958 г. в институте появились первые лауреаты Ленинской премии — Вера Александровна Голдобиная, Борис Николаевич Ласкорин, Петр Иванович Бучихин.

Ныне Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии является одним из крупнейших и ведущих научных учреждений в области гидрометаллургической переработки бедных руд и концентратов редких, рассеянных и радиоактивных элементов с применением прогрессивных процессов обогащения и вскрытия минерального сырья и бесфильтрационной технологии извлечения.

К 1991 г. численность сотрудников ВНИИХТ превысила 3 тысячи человек, а в структуре института насчитывалось более 70 научных подразделений, в том числе опытный химико-технологический завод, три опорные станции геологов и геотехнологов подземного выщелачивания в Казахстане, Узбекистане, Таджикистане. Сегодня в составе ВНИИХТ трудятся 26 докторов и более 200 кандидатов наук. Аспирантура института готовит кадры высшей квалификации по 11 специальностям.

Ученый Совет ВНИИХТ был создан в 1952 г. и включал геологическую, горную, технологическую и экономическую секции. К 1970 г., т. е. за 18 лет своего существования в нем защитилось более 100 кандидатов и 40 докторов наук — сотрудников ВНИИХТ и отрасли. С 1976 г. в институте работает Научно-технический совет и 3 диссертационных совета. В 80-е годы институт сотрудничает более чем с 80 промышленными предприятиями народного хозяйства, с 40 вузами и рядом институтов РАН.

За годы существования института его учеными были получены 8 Ленинских премий, 44 Государственных премии, 14 премий Совета Министров СССР, одна премия Ленинского комсомола.

Современная тематика института формируется с учетом тенденции финансирования по программно-целевому планированию научных исследований, т. е. идет концентрирование средств на приоритетные работы, входящие в различные виды программ. Так институт принимает активное участие в Государственных научно-технических программах Министерства по науке и технической политике РФ (вы-

сокотемпературная сверхпроводимость и экологически чистые процессы металлургии и химии).

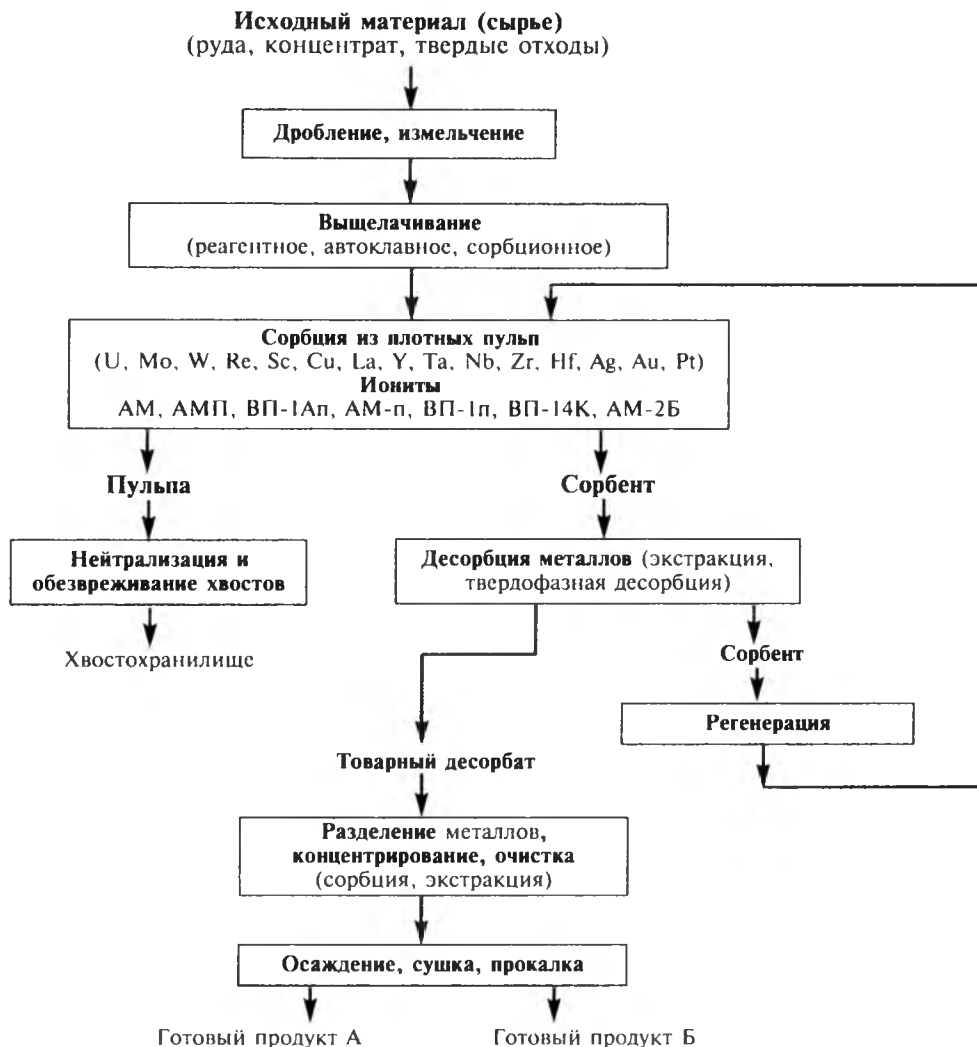
Тематика ВНИИХТ включала основные этапы рациональной комплексной переработки редких, рассеянных и радиоактивных элементов, цветных и благородных металлов, начиная от разведки запасов руд, определения характера минерализации, получения рудных концентратов из бедного сырья и гидрометаллургической переработки до получения чистых соединений в виде оксидов или металлов. Изучаются, разрабатывается и используются такие передовые методы, как автоклавное выщелачивание, сорбция из растворов и пульп, экстракция, мембранные процессы, плазменные методы. Одновременно решаются вопросы комплексного использования сырья, получения удобрения, аналитического контроля и автоматизации процессов, получения особо чистых материалов для электроники и волоконной оптики, охраны окружающей среды.

Многообразие природоохранительных задач на разных предприятиях постоянно ставит перед институтом жесткие требования к технологии рудного сырья. Основной путь решения этих проблем — комплексная переработка руд, снижение норм расхода реагентов, материалов, энергоресурсов, использование и утилизация отходов, разработка и создание малоотходных и ресурсосберегающих технологий, что обеспечивает рациональное использование природного сырья и снижает воздействия негативных факторов на природу и человека.

При непосредственном участии сотрудников ВНИИХТ открыты и доразведаны промышленные месторождения урановых руд, увеличившие сырьевые запасы нашей страны и стран Восточной Европы, в корне реконструированы действующие и построены вновь современные промышленные предприятия, по своему уровню не уступающие современным зарубежным.

Разработаны теоретические принципы комплексной переработки сырья и внедрены принципиально новые высокоэффективные схемы и высокопроизводительная аппаратура для технологических процессов, что позволило увеличить выпуск продукции на предприятиях отрасли в 2—4 раза без увеличения используемых производственных площадей.

Разработан и передан в металлургию цвет-



Принципиальная технологическая схема гидрометаллургической переработки руд и концентратов методом бесфильтрационной сорбции из пульп для извлечения и очистки ценных металлов

ных, черных и благородных металлов ряд уникальных технологий (см. рис.).

В народное хозяйство внедрены оригинальные работы по применению соединений редкоземельных металлов в технологии нефтеперерабатывающих предприятий для катализаторов крекинга нефти, в сталелитейной промышленности для производства спецсталей, высокопрочных чугунов, что повышает надежность, долговечность и качество изделия.

1976 г. — год 25-летия ВНИИХТ был отмечен награждением коллектива правительственным орденом «Знак Почета».

За период 1970—1990 гг. институтом внедрено в промышленность 3600 научных разработок, давших экономический эффект более 1 млрд. 300 млн. рублей. На один вложенный в разработки рубль отдача в промышленности была 2 рубля.

Практически решена проблема комплексного использования отечественного сырья ряда месторождения, что позволило обеспечить для народного хозяйства выпуск урана, лития, бериллия, парамолибдата аммония, скандия, редких земель, тантала, ниобия, титана, золота, вольфрама, стронция, рения, серебра, а

также высокоэффективных азотных и фосфорных удобрений.

По разработкам института и при посредственном участии его сотрудников организовано производство новых синтетических материалов: сорбентов, экстрагентов, высокоселективных ионитовых мембран и пленок, удовлетворяющих потребности отрасли, а также ряд производств в цветной металлургии и других отраслях.

Более 30 лет используется процесс добычи урана из бедных руд методом подземного выщелачивания, что исключает применение горных работ и нарушение поверхности земли.

Ведутся работы по использованию потоков низкотемпературной плазмы и высокочастотных электромагнитных полей в химико-технологических и химико-металлургических процессах получения оксидных, карбидных, фторидных материалов, в том числе материалов, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью, специальных сплавов, чистых металлов.

На предприятиях отрасли по разработкам института созданы и эксплуатируются с высокой эффективностью автоматизированные системы управления технологическими процессами. В институте исследуются и разрабатываются конструкционно-легирующие материалы и аппаратура для получения особо чистых веществ, решаются проблемы синтеза, очистки и использования фтористых соединений в микроэлектронике, изучаются способы финишной очистки веществ с использованием разнообразных методов, в том числе молекулярных. ВНИИХТ на договорных условиях выполняет НИОКР по созданию, испытанию и внедрению конструкций газовых центрифуг для глубокой очистки от примесей и ультрафильтрации газовых потоков от субмикронных частиц.

Институт оснащен современными приборами для исследования электрохимической коррозии металлов и их структурных изменений под воздействием агрессивных сред, изучения физико-химических и физико-механических свойств полимерных материалов, оборудованием для нанесения защитных газотермических покрытий плазменным методом и электродуговой металлизацией.

Технологические разработки института основываются на фундаментальных физико-химических исследованиях. Успешно решаются

задачи аппаратного и математического обеспечения научных работ.

Экспериментальная база института позволяет проводить в укрупненном масштабе испытания разрабатываемых технологических схем и аппаратов. Она включает в себя автоклавный корпус, корпус синтеза смол, экстрагентов, мембран, установку плазменной химии получения фторидов металлов. В 1990 г. структура научно-исследовательских отделов включала следующие отделы: геологический; обогащения руд; гидрометаллургический; сорбционных, экстракционных и мембранных процессов; чистых соединений; редких металлов; редкоземельных элементов; аналитический; автоматизации и систем управления; переработки жидких, твердых и газообразных отходов; отраслевой отдел охраны окружающей среды; научно-технической и патентной информации. Для проведения полупромышленных испытаний имеется опытный химико-технологический завод.

Разработки института в свое время были широко представлены на ВДНХ СССР и удостоены 400 медалей. И сейчас достижения ВНИИХТ отражены на многих отраслевых и международных выставках.

Ниже приведен перечень продукции по разработкам ВНИИХТ, выпускаемой промышленностью со Знаком качества, и количество видов данной продукции:

Флюоритовый концентрат	1
Фтористый водород	1
Гидроксид лития технический	1
Гидроксид лития технический для экспорта	1
Пентаксид ниобия	1
Хлористый литий для экспорта	1
Парамолибдат аммония повышенной чистоты	2
Оксид европия	1
Фториды	1
Азотнокислые растворы РЗЭ	1
Оксиды (цериевая группа) РЗЭ	1
Сульфат титания и аммония для дубления кож	1
Анионит АМ-2Б	1
Анионит АМП	1
Анионит АН	1
Анионит АМ-п	1
Полиакриламид гранулированный сульфатный	1
Аммофос удобрительный	1
Квасцы алюмоаммонийные	1
Литий для экспорта	1
Порошок ниобия	1
Золото в слитках	2
Серебро в слитках	2
Меднобриллиевая лигатура	2
Алюминиевобриллиевая лигатура	2

Уровень институтских разработок по новизне часто превосходит мировой, более чем 1600 разработок защищены авторскими свидетельствами.

В связи с конверсией оборонных отраслей промышленности ВНИИХТ активно, начиная с 1968 г., участвует в решении комплексных народнохозяйственных целевых программ: продовольственной (переработка молочных продуктов), топливно-энергетической (по созданию новых конструкционных материалов), по получению особо чистых веществ (для микроэлектроники), охране окружающей среды, по коренному усовершенствованию технологии переработки золотых руд, техногенных отходов.

К началу 90-х годов финансирование науки в основном стало осуществляться через федеральные и отраслевые научно-технические программы, по которым институт получал лишь 50% своего годового бюджета. Другую половину покрывали поступления по договорам с предприятиями и организациями Министерства и других отраслей. Возникший в стране синдром неплатежей вынудил институт резко сократить численность персонала и изменить структуру. К 1996 г., несмотря на сокращение численности в 3 раза в сравнении с 1976 г., удалось сохранить в штате ведущих научных сотрудников и специалистов, обеспечивающих выполнение исследований в рамках сложившихся научных школ. Институт ведет фундаментальные и прикладные исследования по 15 программам (федеральным, отраслевым) Минатома России, трем программам Миннауки РФ, по программе Роскомдрагмета, региональной программе Москвы и ряду Международных проектов.

Первой ступенью в ядерном технологическом цикле являются результаты *геологических исследований*, определяющие масштабы промышленной рудной базы, ожидаемую стоимость добычи и переработки руд. Созданный в 1952 г. геологический отдел (руководитель отдела Г.И. Петров) решал эту задачу. Исследования проводились совместно с коллективами геологов территориальных экспедиций, а также в сотрудничестве с ведущими геологическими институтами страны: ВСЕГЕИ, ИГЕМ, ГЕОХИ, ВИРГ, ВИМС и др.

География работы геологических групп была обширной — Средняя Азия, Казахстан, Си-

бирь, Урал, Украина, Восточная Германия, Польша, Венгрия, Румыния, Чехословакия. Болгария, Китай, Албания, Монголия, Северная Корея, Иран и другие страны и регионы.

В результате изучения большого числа эксплуатационных или выявленных эндогенных и экзогенных месторождений урана, их локализации, положения в геоструктурных элементах земной коры, минералогического и вещественного состава многих тысяч проб, образцов пород и руд, учеными института установлены закономерности размещения месторождений урана и разработаны методы поиска и прогнозирования новых. В основе этих методов — составление металлогенических карт с комплексом геологических, геофизических, геохимических, радиогидрогеологических карт и минералогических данных.

Такая организация работ (научные руководители Д.Я. Суражский, Ю.А. Арапов, Г.П. Полуаршинов) позволила открыть новые месторождения урана и других металлов, в том числе месторождения: «Звездное» и «Семизбай» в Казахстане, «Гаир» и «Страж» в Чехословакии, «Приматару» в Румынии, ряд месторождений в Китае, водородные месторождения в Южном Казахстане и Средней Азии. За открытие новых месторождений Л.Я. Суражский Г.П. Полуаршинов и Г.Н. Котельников отмечены Государственными премиями.

Не менее важным направлением в геологических исследованиях было изучение минералогического состава руд, свойств минералов урана и вмещающих пород, текстурных особенностей и вещественного состава руд, соотношения легко и труднорастворимых минералов при переработке руд. Данные этих исследований непосредственно использовались на предприятиях, перерабатывающих урановые и другие руды, а также при разработке новых и усовершенствовании действующих обогатительных и гидрометаллургических технологий. В ходе минералогических работ учеными института открыты новые урановые минералы: ненадкевит, гидронастуран, ургит. Составлены справочники физических и химических свойств минералов урана. Разработано минералого-технологическое картирование урановых месторождений как метод оценки качества сырья в естественном залегании. Предложена и используется до настоящего времени классификация промышленных руд урана по

признакам, определяющим технологию их переработки (П.В. Прибытков). Созданы методика анализа руд на содержание радиоактивных элементов (уран, торий, радий, калий) и приборы для ее практического осуществления (И.П. Шумилин).

Существенную роль в минералогическом направлении исследований выполняет организованный в 1956 г. при институте отраслевой геолого-минералогический музей руд и минералов, содержащий коллекцию образцов урановых руд из более чем 150 месторождений.

Геофизические исследования (руководители работ В.Л. Шашкин, Л.Н. Посик) дали два основополагающих практических результата: γ -контроль добытой руды в транспортных средствах и прямое определение содержания урана в рудной массе месторождений, обрабатываемых способом подземного выщелачивания. С 1957 г. на всех горнорудных предприятиях, разрабатывающих месторождения урана, действуют установки g -контроля руды в вагонетках, автомашинах, вагонах, на транспортерах с радиометрами направленного приема γ -излучения и передачей данных на ЭВМ. Прямое определение урана в больших рудных массах при каротаже скважин подземного выщелачивания используется с 1965 г. и основано на регистрации нейтронов спонтанного деления с вводом данных в ЭВМ.

Создана *система автоматической обработки геологических данных* (САОГД) с альбомом форм документации, обеспечивающих ввод в ЭВМ информации и ее обработку. Разрабатывается система автоматизированного информационного обеспечения ведения геологоразведочных и эксплуатационных работ на урановых, редкометалльных и золотых месторождениях, включая оперативный подсчет запасов руд с использованием гибких кондиций (руководитель работ А.А. Дерягин).

Разработки ученых-геологов института по методам поиска урановых месторождений, классификации промышленных урановых руд с рекомендациями по технологиям их переработки, использованию геофизических способов в определении количеств элементов в рудных залежах и пробах стали основой целой научной школы. По этим направлениям непрерывно ведутся исследования и подготовлено большое число специалистов высшей квалификации. Обогащение руд — обязательная ста-

дия в переработке урансодержащего, редкометального и других видов минерального сырья, добытого шахтным или карьерным способом.

Созданы лаборатории: рудоподготовки, автоматической сортировки руд, флотационного и магнитного обогащения (руководитель отдела М.Л. Скриниченко, а с 1990 г. — В.А. Болдырев).

Рудоподготовка (дробление, измельчение, грохочение, классификация рудной массы) поглощает 50% капитальных и энергетических затрат и четверть эксплуатационных расходов. Для снижения этих затрат в институте разработаны новые технологии рудоподготовки и реализованы на предприятиях. Одна из них предусматривает совмещение в мельнице «Каскад», загруженной шарами на 16% ее объема, четырех операций: среднее и мелкое дробление, самоизмельчение и шаровой помол руды до рабочей крупности. Это в 2—3 раза повысило производительность мельниц и в 1,5 раза снизило энергозатраты на 1 т измельченной руды. В другой технологии используется шаровая мельница ШЦ-55-65 с диаметром барабана 5,5 м, объемом 140 м³ и шаровой загрузкой до 35% объема. Такой блок обеспечивает в одну стадию измельчение руд до требуемой крупности, имеет КИО до 95%, производительность до 1 млн. т в год.

ВНИИХТ и НПО «Центр» (Белоруссия) разработали принципиально новое дробильно-размольное оборудование ударного типа с использованием воздушной подушки и без применения мельших шаров. Такие мельницы наименее энергоемки и эффективны при маломасштабной переработке руд, концентратов. Широкое распространение в различных отраслях (помол материалов невысокой твердости) получила созданная в институте струйная мельница УСИ-25. Оба типа размольного оборудования не имеют аналогов за рубежом.

Автоматическая сортировка урановых руд с использованием γ -радиометров для фиксации степени контрастности руд урана была разработана в 1951—1956 г. и используется практически всеми рудоперерабатывающими заводами нашей страны и стран Восточной Европы. Способ позволяет вывести в отвал до 35% практически пустой породы. Радиометрическое обогащение решало три задачи: выделение богатых концентратов (или руд), разделение исходной руды на сорта, включая отделение пу-

стой породы, а также выделение из забалансовых руд товарной руды. За прошедшие годы было построено и эксплуатировалось около 70 РОФ и радиометрических установок, которые создавались не только при гидрометаллургических заводах (ГМЗ), но в ряде случаев непосредственно при шахтах.

Пушены три фабрики по получению концентратов Li, Be, Ta, Nb с замкнутым циклом водооборота, полностью обеспечивающим отрасль этими материалами.

Учитывая специфику свойств отдельных типов руд (уранофосфорные, глинистые, карбонатные руды), созданы и действуют на предприятиях (Казахстан) оригинальные, не имеющие аналогов в мировой практике, обогащательные технологии, обеспечивающие извлечение урана, тория, фосфора, редких земель и других элементов с предварительным отделением глинистой фракции в гидроциклонах.

Лабораторией автоматической сортировки руд разработаны технологии и аппаратура с использованием различных физических методов (фотонейтронного, фотометрического, люминесцентного, активационного, лазерного и др.), которые успешно применяются при обогащении урановых, берриллиевых, флюоритовых, золотосодержащих и других руд.

Осваиваются на предприятиях различные варианты магнитного обогащения урановых, редкометалльных, золотосодержащих, железных и других руд, а также отвалов ГОК, золошлаковых отвалов ТЭЦ и других видов минерального сырья. Разработаны промышленные магнитные сепараторы, в том числе на сверхпроводниках (совместно с РНЦ «Курчатовский институт»), создающие сильные магнитные поля и позволяющие решать задачи выделения магнитных фракций из многих видов минерального сырья.

Внедрение метода гравитации на золотосодержащих рудах «Мурун-Тау» позволило получать попутно до 100 т в год вольфрама. Суспензионное обогащение внедрено для руд месторождений Тастыколь и Заозерное (Казахстан); флотационное рекомендовано для комплексных редкометалльных руд, отдельных типов литиевых, флюоритовых руд.

На базе оригинальных разработок ученых в институте сложилась научная школа методов и средств рудоподготовки и автоматической сепарации природного и техногенного мине-

рального сырья. Большой вклад в создание этой научной школы внесли доктора техн. наук Н. М. Николич, Ш. С. Шафеев, М. Л. Скрипниченко А. А. Татарников; кандидаты наук Г. А. Ковда, А. А. Осипов А. Д. Воробьев; В. А. Хорошев, В. Н. Звонарев, В. А. Болдырев и другие.

В начальный период деятельности института извлечение урана из руд и концентратов осуществлялось на заводах по стандартной кислотной технологии. Из чистого диураната аммония получали тетрафторид и металлический уран. Работники института участвовали в освоении заводами всех стадий этого сложного технологического цикла. Работа была отмечена Государственной премией (Г. В. Каплан, Д. Я. Суражский, В. Г. Бахуров Л. П. Святная, В. М. Горбачев).

Одновременно велись исследования по извлечению урана из бедных руд. Первым на бедных рудах был пущен с участием работников института завод в г. Лермонтове, затем в 1955 г. был освоен завод в Киргизии, а в 1956 г. — завод в Таджикистане. В семидесятые годы эти заводы были реконструированы с внедрением новейших технологий, созданных в институте. Крупнейшие гидрометаллургические заводы по переработке бедных урановых руд были созданы по технологиям института в шестидесятые годы: два завода в Казахстане, заводы в Узбекистане, на Украине, в Чехословакии, Восточной Германии (работа отмечена Ленинской премией в 1966 г. — от института Г. М. Алхазавили и Н. Н. Токарев). В 70-е годы был построен и пущен по технологии института завод в Забайкалье (Госпремия 1981 г. — от института В. Н. Гордеева).

Среди месторождений, включаемых в промышленное освоение, были месторождения с трудноскрываемыми урановыми рудами (алюмосиликатные, железистокварцитовые и др.). Для таких руд разработана автоклавная технология перевода урана в раствор. Первый опытный автоклав вместимостью 30 м³ был внедрен в 1966 г. на комбинате Восточный ГОК, затем были освоены серии автоклавов вместимостью 125 и 200 м³. Автоклавная технология для урановых руд была внедрена на заводах в Казахстане, Забайкалье, Чехословакии, Восточной Германии. Автоклавное выщелачивание для трудноскрываемых руд и в настоящее время является одним из ведущих на-

учных направлений (руководитель направления И.П. Смирнов) не только для урановых руд, но и для золотосодержащих, редкометалльных и других руд сложного состава.

Создание гидрометаллургических технологий переработки урановых руд потребовало выполнения НИОКР по всему производственному циклу. При исследовании окислителей (руководители работ Е.А. Каневский, Г.М. Несмеянова и др.) выявлена высокая эффективность озонированного воздуха и надсерной кислоты. Оба эти окислителя могут производиться непосредственно на рудоперерабатывающих заводах. Для сгущения пульп, осветления растворов разработан флокулянт — полиакриламид, промышленное производство которого в отрасли начато в 1957 г., и этот флокулянт применяется всеми ГМЗ до настоящего времени. Были также созданы высокопроизводительные аппараты колонного типа для отмывки осадков, осветления растворов, оригинальные конструкции фильтров и другое оборудование. Разработаны новые методы (флотафлокуляционный и др.) очистки растворов, сбросных вод от взвесей и органических веществ (руководитель работы И.А. Якубович).

Специфическим гидрометаллургическим направлением является переработка урансодержащих фосфоритов. Предложенная институтом и освоенная предприятиями в Казахстане технология (работа отмечена Госпремией в 1983 г., от ВНИИХТ В.А. Болдырев, Ю.Н. Курприянов) позволяет, кроме урана, получать экологически чистые фосфорные удобрения, без естественных радионуклидов, а при совместной переработке с апатитом извлекать редкие земли, стронций, скандий и реализовывать их в виде товарной продукции. С использованием этого опыта совместно с Кирово-Чепецким комбинатом создана комплексная азотно-кислотная технология переработки апатита и на ее основе построен завод минеральных удобрений, выпускающий нитроаммонийнофосфорные удобрения, карбонаты кальция и стронция.

Проблема выщелачивания ценных элементов из руд различного состава потребовала выполнения серии фундаментальных исследований: установление роли состава жидкой фазы, окислительно-восстановительного потенциала, температуры, давления, соединений промежуточной валентности, манганатов в щело-

чной среде, сольватов азотной кислоты, комплексообразования и термодинамических характеристик этого явления. Все это легло в основу действующей в институте научной школы (руководители Г.М. Алхазашвили, И.П. Смирнов, И.А. Якубович) по вскрытию химическими реагентами любых видов минерального сырья с переводом в раствор максимума (90% и более) полезных компонентов.

В 1955 г. впервые в мировой практике в промышленных условиях освоен разработанный в институте под руководством академика Б.Н. Ласкорина сорбционно-бесфильтрационный способ извлечения урана из рудных пульп. Способ с 1957 г. рекомендуется всем гидрометаллургическим заводам, перерабатывающим руды урана, молибдена, золота. Разработка в 1958 г. отмечена Ленинской премией (от ВНИИХТ — Б.Н. Ласкорин, П.И. Бучихин, В.А. Голдобин). Создание и последующее усовершенствование способа сопровождалось фундаментальными исследованиями по теории ионного обмена, комплексообразования с участием ионитов, селективности обмена ионов, растворимости минералов в присутствии ионитов, концентрирования элементов при или после их десорбции с ионитов, синтеза новых ионитов для различных металлов и химических сред. Были синтезированы и организован промышленный выпуск анионитов на основе винилпиридина серии ВП (ВП-1п, ВП-1АП, ВП-3АП, ВПК, ВП-15к, ВП-14к и другие) для извлечения урана, молибдена, вольфрама, других металлов из рудных пульп, серии АМ (АМП, АМ-п — для урана, АМ-З — для золота и других элементов.) Иониты этих серий не имеют аналогов в мировой практике. В институте были разработаны регламенты производства многих катионитов, выпуск которых в промышленных масштабах был освоен в отрасли (катионита СГ-1 и СГ-1М, КМ-2п, КУ-2-8 и др.), а также амфолитов (АМН, АФИ и др.) для извлечения металлов с низкой концентрацией из растворов подземного выщелачивания. Синтезированы также неионогенные адсорбенты (типа «Поролас») для очистки сточных вод и газовых выбросов от органических веществ. Ряд оригинальных ионитов синтезирован для пищевой, фармацевтической, молочной и других отраслей промышленности. Создание и организация промышленного производства ионитов и экстрагентов для отрасли

отмечены Госпремией 1978 г. (Б.Н. Ласкорин, Д.И. Скороваров, Л.И. Водолазов, А.И. Зорина, П.Г. Иоанисиани, Г.И. Никульская).

Непрерывно разрабатывались и совершенствовались сорбционные и десорбционные аппараты, в основном, колонного типа (КНСР, СНК, ПИК и др.), которые внедрены на многих предприятиях бывшего СССР и стран Восточной Европы, в том числе на заводах цветной металлургии («Юнуралникель», «Североникель» и др.) (руководители работ Н.Н. Токарев, Х.А. Барсебян, В.В. Шаталов).

Промышленно значимым направлением в деятельности института была и остается экстракция металлов из различных растворов с очисткой их от примесей и получением соединений высокой чистоты. Начиная с 1959 г. на всех ГМЗ по разработкам института созданы экстракционные отделения с получением ядерно-чистых оксидов урана. Эффективная переработка урансодержащих фосфоритов стала возможной в промышленном масштабе только благодаря разработанной в институте и освоенной предприятиями технологии экстракционного извлечения урана, тория и других металлов из фосфорнокислых растворов. Для этой технологии были созданы не имеющие аналогов в мире экстрагенты ПИНК и ФОР, организовано их промышленное производство (Б.Н. Ласкорин, Д.И. Скороваров, В.В. Шаталов, Е.А. Филиппов, В.С. Ульянов, В.А. Кузнецов, Л.П. Пушкин).

Институт является одной из ведущих организаций в разработке методов синтеза и производства моно- и биполярных ионитовых мембран, а также в создании мембранных технологий и аппаратов для их осуществления. Разработана и освоена технология изготовления мембран в виде непрерывной ленты шириной 1 м, причем эти мембраны по своим свойствам не уступают лучшим мировым (японским и французским) образцам. Изготовленные институтом мембраны реализуются не только в России, но и в Болгарии, Чехословакии, Германии и других странах. Мембранные технологии внедрены на опреснении природных солоноватых вод (Краснодарский край, Калмыкия), в системах водоподготовки ТЭЦ и ТЭС Минтопэнерго, для корректировки кислотности электролитов золочения (Московский ювелирный завод) и для утилизации металлов из отработанных электролитов галь-

ваники, для очистки сточных вод заводов цветных металлов, в электрохимическом восстановлении урана, окислении железа и в других областях техники. Кроме мембран, разрабатывается также способы синтеза пленок и волокон для гиперфильтрации (очистка шахтных и сточных вод, концентрирование растворов и другие области применения).

Отработка гидрогенных бедных месторождений урана более целесообразна и экономически выгодна методом подземного выщелачивания (ПВ). В институте была создана лаборатория, которая с 1961 г. впервые в мире приступила к созданию и освоению участков ПВ на месторождениях. Выщелачивание урана осуществлялось слабыми растворами серной кислоты с добавкой окислителя. Из откачиваемых из недр растворов уран извлекали сорбцией на анионитах или катионитах и затем из элюатов осаждали концентрат.

География использования способа ПВ для добычи урана была обширной: Россия, Украина, Средняя Азия, Казахстан, Восточная Европа. К середине 80-х годов способом ПВ по технологиям института с участием проектной организации ВНИПИПТ предприятиями добывалось из недр до 28% природного урана.

Труд ученых института по ПВ был отмечен Государственными премиями (А. П. Зефирова, Р. Х. Садыкова, В. Д. Носова, И. К. Луценко, В. И. Кочеткова).

Опыт добычи металлов способом ПВ был использован при исследованиях технологических аспектов кучного выщелачивания (КВ). Этот способ эффективен для переработки отвалов некондиционных (для ГМЗ) забалансовых руд, а также отвалов РОД и ГОК после обогащения руд.

Геотехнологическое направление, обеспечивающее наиболее дешевую добычу металлов из недр, сконцентрировало часть научно-технического потенциала института в научную школу с оригинальными методами исследования и технических решений (Д.И. Скороваров, В.Д. Носов, М.И. Фазлуллин, Б.П. Жагин и др.).

С организацией в институте аффинажной лаборатории (А.А. Майорова) и приходом к научному руководству этими работами Н.П. Галкина во второй половине пятидесятых годов осуществлено внедрение технологии по производству солей и оксидов высокой чистоты из концентратов и рудной закиси-окиси урана, а

также не имевшей аналогов в мире хлоридно-фторидной технологии получения тетрафторида урана и металла ядерной чистоты. Эти технологии на одном из заводов эксплуатируются до сих пор. В этот же период для получения металла высоких степеней обогащения по изотопу уран-235 была разработана не имевшая аналогов в мировой практике технология получения тетрафторида из гексафторида урана, в 1965 г. отмеченная Ленинской премией (от института А.П. Зефирова, Н.П. Галкин, М.Ф. Свицерский, Ю.В. Смирнов), она успешно эксплуатируется до настоящего времени.

К началу 60-х годов выявилось отставание по масштабам выпуска гексафторида урана, так как вступили в строй новые разделительные заводы (обогащение по изотопу уран-235). Было предложено использовать схему «Горка» (аппараты фторирования устанавливались друг над другом) для повышения степени использования фтора, увеличения производительности по гексафториду урана. Одновременно выполнялись фундаментальные исследования работниками института с привлечением ведущих ученых страны (З.Ф. Чуханов, Б.А. Алексеев, Н.С. Николаев) по разработке теории гетерогенного фторирования и теории массо- и теплообмена в процессе десублимации гексафторида урана в производстве безводного фтористого водорода; в производстве фтора; в сублиматном производстве реакторами высокой производительности, не имевшими аналогов в мировой практике; для улавливания гексафторида созданы десублиматоры с тепловым сбросом.

Работа отмечена Государственной премией в 1986 г. (от института А.В. Парфенов, М.Б. Серегин, М.М. Цегельницкий). В связи с реконструкцией разделительных заводов и переходом на интенсивную технологию обогащения по изотопу уран-235 с помощью центрифуг появилась возможность использовать часть разделительных мощностей для выполнения зарубежных заказов по обогащению урана. Работниками института были успешно решены проблемы заполнения технологических и транспортных емкостей жидким гексафторидом урана, отбора проб и оценки качества готовой продукции, выбора конструкционных материалов для технологического оборудования. При институте была создана отраслевая арбитражная лаборатория. В 1979 г. работы по выполнению зарубежных заказов отмечены

Государственной премией (от института И.И. Шубин, В.А. Пчелкин).

Под руководством академика Б.Н. Ласкорин были синтезированы селективные к актинидам радиационно устойчивые аниониты ВП-1П, ВП-8АП, РХ-1. Сорбенты этих марок успешно эксплуатируются до настоящего времени во всех радиохимических производствах.

Совместно с ВНИИНМ и НПО «РИ» создана экстракционная технология переработки облученных урановых блоков, которая в 1976 г. была внедрена и освоена на двух предприятиях. В технологии используется разбавитель экстрагента — гексахлорбутадиев, делавший экстракционную смесь пожаро-, взрыво- и ядернобезопасной. Внедрение сорбционно-экстракционных процессов в радиохимии отмечено двумя Государственными премиями (от института в 1975 г. — И. А. Гаврилов, а в 1981 г. — Е. А. Филиппов, В. Г. Фоменков).

Работы по редким металлам были продолжением исследований, ранее начатых в ГИРЕДМЕТ, в том числе по бериллию, литию, танталу, ниобию, торию и другим элементам. Эти работы были отмечены Государственными орденами и медалями (от института Г.Ф. Силина, Ю.И. Зарембо, М.Е. Куприн и др.).

В начале 70-х годов технология переработки рудных концентратов бериллия была усовершенствована с внедрением сульфатно-щелочного вскрытия сырья, сорбции из пульпы и экстракции бериллия из растворов, что обеспечило выпуск оксида бериллия высокой чистоты для керамического и металлургического производств. Эта работа была отмечена Государственной премией в 1972 г. (от института С.В. Старостин).

Исследования в настоящее время направлены на получение богатых (5–20% BeO) бериллиевых концентратов и их переработку по безотходной, экологически безопасной автоклавно-фторидной технологии для организации в России замещающего производства бериллиевой продукции в районе добычи бериллиевых руд.

Важное место в работах института по легким редким металлам занимает литий. С пуском производства по переработке сподуменового концентрата на заводе в Красноярске работы по литию интенсифицировались и в 1966–1966 гг. на действующем заводе были внедрены технологии с выпуском соединений рубидия, цезия, галлия, цеолитов и цветных цемен-

тов. В последующие годы разработана и внедрена экстракция лития с получением хлорида лития высокой чистоты и организован выпуск металлического лития. Работы сейчас сосредоточены на получении высокочистых солей лития из новых видов сырья (грейзены Забайкалья).

Важной научно-прикладной проблемой в деятельности института была организация современного производства по переработке лопаритового концентрата на заводе в Эстонии (г. Силламяэ). Гибридная технология, предложенная КолФАНом и улучшенная институтом, требовала коренного усовершенствования всех технологических операций. Институт успешно решил эту задачу силами двух специально созданных лабораторий. В конце 70-х годов предприятия отрасли начали получать высокочистые тантал, ниобий, РЗЭ. Были организованы производства жаростойких сплавов для авиации, катализаторов для нефтехимии (до 1000 т/год по РЗЭ), полиритов для оптической промышленности. В данное время производство полиритов организуется (с участием института) на заводе в г. Глазове на основе хлоридов РЗЭ с Соликамского магниевого завода. Разрабатываются технологии получения тантала и ниобия из сырья Забайкальского региона. Разработки ВНИИХТ по производству товарной РЗ-продукции внедрены на заводах в Казахстане, Украине, в России (ПО «Алмаз», ПО «МЗП»).

Цирконий — один из основных конструкционных материалов в ядерной энергетике. Институт создал и разработал новую технологию переработки циркониевого концентрата. На основе этой технологии на ПО «ПХЗ» (Украина) было создано производство металлических циркония и гафния, различных сплавов и лигатур на их основе. Институт участвует в расширении производства циркония на заводе в Глазове.

В институте сложилась своеобразная научно-технологическая школа, объединившая специалистов, способных решать сложные проблемы переработки содержащего радиоактивные элементы комплексного редкометалльного и редкоземельного сырья на современном уровне (экологически безопасном, с перево-

дом всего сырья в товарные виды продукции при низких энергетических затратах и т. д.).

Увеличение в отрасли масштабов производства урана, продукции из редких и редкоземельных элементов в связи с реализацией программ строительства АЭС остро поставило вопрос обеспечения охраны окружающей среды (ООС), предупреждения возможных случаев заражения территории радиоактивными и токсичными веществами. В 1976 г. при институте был создан отраслевой отдел охраны окружающей среды в составе трех лабораторий, в сфере деятельности которых входила не только организация планирования и отчетности по ООС в отрасли, но и разработка технологий и технических решения по очистке и утилизации ценных компонентов из сбросных вод, твердых отходов, пылегазовых выбросов. Все эти работы выполняются под руководством доктора техн. наук, академика Международной инженерной академии В.В. Шаталова. Все, разрабатываемые во ВНИИХТ новые способы и технологии по всем научно-техническим программам, предусматривают операции, обеспечивающие защиту окружающей среды, экологии.

Институтом созданы основные принципы охраны окружающей среды и научная школа по переработке радиоактивных, редких, редкоземельных руд, концентратов, соединений во главе с академиком В.В. Шаталовым

Коллектив ВНИИХТ все годы работал в тесном содружестве с ведущими научно-исследовательскими институтами отрасли: РНЦ «Курчатовский институт», ГНД «ВНИИНМ», НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», в также с проектными институтами ВНИПИПТ, ЖИПИЭТ, ГСПИ.

В 80-е годы ВНИИХТ курировал технологии на 20 урановых заводах и многочисленных участках подземного выщелачивания в СССР и странах Восточной Европы, ряда производств на химико-металлургических, радиохимических, сублиматных и разделительных заводах.

Во ВНИИХТ были созданы и функционируют школы ученых в различных смежных областях науки, исследования которых получили международное признание и легли в основу создания ядерной промышленности.

Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ В РОССИИ

В. Г. Терентьев, Л. А. Цицулин, Ю. В. Смирнов

ВВЕДЕНИЕ

Создание в СССР соответствующей оборонной отрасли для разработки и изготовления оружия на основе развития ядерной науки и техники привело к середине 60-х годов к необходимости организации управления научно-технической и производственной деятельностью отрасли в соответствии с требованиями научно-технического прогресса. При этом на первый план выдвигалась проблема обеспечения руководства отрасли достоверной научно-технической и технико-экономической информацией в объемах и сроках, необходимых и достаточных для принятия решения в сфере производства и экономики. А это, в свою очередь, требовало применения современных методов и средств обработки информации. И хотя на ряде предприятий отрасли к тому времени был накоплен значительный опыт использования вычислительной техники и современных методов обработки информации, технико-экономического обоснования различной сложности проектов, в отрасли еще не было создано соответствующей системы.

Решением Правительства страны, принятым в 1966 г. предусматривалось коренное улучшение научно-технической информации (НТИ), создание на основе разрозненных информационных органов единой общегосударственной системы на базе современных технологий с использованием ЭВМ.

Для обеспечения координации работ по научно-технической информации, созданию АСУ организационного типа, проведению технико-экономических исследований по инициативе А.М. Петросьянца и И.Д. Морохова в составе Государственного Комитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ СССР) в отрасли в 1967 г. создается Центральный институт информации и технико-экономических исследований (ЦНИИАтоминформ). Возглавлял институт и успешно им руководил

В.Ф. Семенов, которого в 1977 г. сменил И.А. Архангельский. В 1971 г. институт передан в ведение Научно-технического управления (НТУ) Министерства среднего Машиностроения СССР. и его дальнейшее развитие было связано с активным участием руководителя НТУ А.К. Круглова, а также Д.Д. Соколова, как генеральных заказчиков работ института. Большую помощь в организации института оказал А.Д. Захаренков.

Институт интенсивно включился в разработку сформулированных выше проблем, в создание отраслевой автоматизированной системы управления (ОАСУ), системы автоматизированного распределения научно-технической информации (САРИ), разработку экономико-математических моделей основного производства отрасли и в короткие сроки обеспечил решение поставленных перед ним задач. Были разработаны и запущены в производство первые комплексы задач ОАСУ, в частности, по обеспечению информационной базы для экономических исследований, направленных на повышение эффективности промышленного производства. Система САРИ была одной из первых в стране отраслевых автоматизированных систем НТИ. Заложенные при ее создании решения позволили институту успешно включиться в международную систему ядерной информации (ИНИС) и стать национальным центром ИНИС в стране. Институт располагает уникальным информационным фондом, включая разнообразные базы данных. В качестве национального центра ИНИС институт обеспечивает плодотворное научно-техническое сотрудничество с международными организациями и зарубежными научными центрами.

Под эгидой института создается отраслевая система НТИ как звено общегосударственной системы НТИ и системы оборонных отраслей промышленности «Созвездие».

Весьма разнообразны задачи, решаемые ин-

ститутом в области разработки и внедрения новых информационных технологий. Много серьезных разработок выполнено в системе защиты информации от несанкционированного доступа. Институт активно участвует в разработке программ конверсии отраслевых производств и перехода к новым механизмам управления в условиях развития рыночных отношений. Быстро развиваются работы по программно-целевому планированию.

С целью повышения уровня целенаправленной разъяснительной и просветительской работы среди населения и нейтрализации негативного отношения к ядерной энергетике, вызванного трагедией в Чернобыле, в институте создан Центр общественной информации по ядерной энергии и его отделы в регионах. С помощью средств массовой информации Центр формирует объективное отношение населения к ядерным объектам.

В связи с уникальным научно-техническим и производственным потенциалом отрасли патентная работа института постепенно трансформируется в полномасштабный комплекс услуг по защите и продвижению на рынке объектов интеллектуальной собственности.

Проблемы, возникшие с переходом экономики страны на новые хозяйственные отношения, вызвали необходимость корректировки приоритетов в деятельности института, и он становится институтом управления, экономики и информации (ЦНИИАтоминформ). Организационная и творческая активность В.Г. Терентьева, который был выбран директором ЦНИИАтоминформ в 1989 г., обеспечила успешную деятельность института в новых экономических условиях.

Таким образом динамика деятельности института свидетельствует о том, что с момента становления в 1967 г. ЦНИИАтоминформ развивался как неотъемлемая структурная составляющая ядерной индустрии страны. Он превратился в крупную научно-исследовательскую организацию, активно и плодотворно участвующую в решении широкого круга актуальных задач отрасли и сотрудничающую практически со всеми предприятиями и организациями Минатома России. Институт стал главным научно-методическим центром по важнейшим направлениям управленческой, экономической и информационной деятельности Министерства.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦНИИАТОМИНФОРМ (научно-техническая информация)

В 1966 г. в СССР была разработана программа коренного улучшения общегосударственной системы научно-технической информации на базе современных технических средств для накопления, обработки, поиска и выдачи информационных данных. В целях обеспечения своевременного и полного информирования о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники особое внимание обращалось на развитие отраслевых служб НТИ и координацию всех ее органов.

В связи с этим Центральное бюро научно-технической информации Государственного Комитета по использованию атомной энергии СССР было преобразовано в 1967 г. в Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИ-Атоминформ).

Перед институтом ставилась задача систематического накопления, изучения и обобщения достижений НИОКР, проводимых в стране и за рубежом, а также производственного опыта в области ядерной науки и техники, институт должен был предоставлять необходимую информацию организациям и предприятиям, ученым и специалистам независимо от их ведомственной принадлежности (руководитель направления В.Ф. Калинин).

Основная цель органов НТИ заключалась в обеспечении потока информации от мест ее накопления к организациям и специалистам, работающим над конкретными проблемами. Этой информации должны быть присущи полнота и достоверность (путем создания собственных фондов и привлечения внешних баз данных и оценки исходной информации); оперативность обслуживания (путем использования современной вычислительной и множительной техники с ориентацией на установление режима диалога с центрами коллективного пользования и на создание государственной автоматизированной системы НТИ); избирательность информационного обеспечения в соответствии с потребностями абонентов (путем анализа тенденций развития обслуживаемых проблемных направлений); эффективность использования. Реализация этого требовала создания разветвленной сети информационных органов и автоматизиро-

ванных центров НТИ непосредственно в организациях и на предприятиях.

Соответственно формулировались и расширялись и задачи ЦНИИАтоминформ как отраслевого органа информации. Институту отводится главная роль в функционировании отраслевой системы. Он координирует научно-исследовательскую и информационную деятельность информационных служб всех организаций, работающих по ядерной проблематике, осуществляет централизованное комплектование их фондов, разрабатывает и внедряет наиболее прогрессивные методы информационной работы. В рамках отраслевой системы НТИ институтом налаживается как «нисходящий» поток информации (из государственных органов и ЦНИИАтоминформ в информационные службы организаций), так и «восходящий», обеспечивающий внутри- и межотраслевой обмен информацией и научно-техническими достижениями.

В числе первых крупных работ института (передовых и технически совершенных) было создание системы автоматизированного распределения научно-технической информации (САРИ) (Т.И. Стрельцова и др.). Система САРИ была одной из первых в стране и наиболее совершенной в оборонном комплексе отраслевой системы НТИ. Заложенные при ее создании решения позволили институту в дальнейшем успешно включиться в международную систему ядерной информации ИНИС и стать национальным центром ИНИС в СССР.

Широкая сеть САРИ включала 150 индивидуальных и коллективных абонентов (100 предприятий) в системе отрасли и 250 внеотраслевых, в том числе 50 абонентов оборонного сектора страны и 30 высших учебных заведений. Функционирование этой отраслевой информационной системы организовывалось по четко выраженному двухконтурному принципу. Первый контур охватывал технические операции от ввода документов и запросов в систему до отправки копий оповещений. Второй контур включал оценку обратной связи и рассылку копий оригиналов документов.

Всего в систему САРИ введено более 500 тыс. информационных источников. Информация абонентам, направляемая в виде оповещений о новых поступлениях в фонды института, в первую очередь труднодоступных докумен-

тов, достигала 1—3 млн в год. Ежегодно выполнялось до 500 запросов абонентов по ретроспективному поиску информации. В выставочном павильоне «Атомная энергия» ВДНХ была постоянная экспозиция САРИ и она неоднократно отмечалась дипломами выставки.

Созданная под эгидой института в рамках общегосударственной системы отраслевая система научно-технической информации (ОСНТИ), охватывает около 300 научно-исследовательских и проектных институтов, конструкторских бюро, промышленных предприятий, строительных и других организаций, на ста из которых были созданы самостоятельные органы НТИ с численностью сотрудников около 2500 человек. Успешное функционирование системы способствует ускорению научно-технического прогресса в отрасли и освоению передового промышленного опыта. Ее масштабность и эффективность характеризовалась следующими показателями: объем справочно-информационного фонда более 30 млн. наименований, число выданных документов более 10 млн., число абонентов системы избирательного распределения информации (ИРИ) около 30 тыс. В научных фондах ЦНИИАтоминформ накоплено более 1,5 млн. единиц хранения (отечественные и зарубежные монографии, книги, журналы, отчеты, брошюры, препринты и т. п.), более 2 млн. вторичных документов содержится в справочно-поисковом аппарате. В институте сосредоточен уникальный отраслевой тематический фонд материалов государственной регистрации и учета научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), содержащий справочно-информационные данные о 75 тыс. выполненных НИОКР, а также около 60 тыс. научно-технических достижениях предприятий отрасли. В отраслевом спецфонде насчитывается около 65 тыс. закрытых отечественных публикаций, включая около 30 тыс. отчетов предприятий отрасли. Около 100 предприятий отрасли являются потребителями этой информации, которую они получают в соответствии со своими заявками по 1300 тематическим рубрикам.

В секторе оборонных отраслей промышленности (с активным участием института) создается специализированная информационная система «Созвездие» с целью получения политической информации из всех информа-

ционных центров, которые функционировали в ВПК страны. Отраслевым пользователям была доступна информация о более 300 тыс. НИОКР, выполненных в ВПК.

Первым печатным информационным изданием ЦНИИАтоминформ в отрасли был реферативный журнал «Экспресс-информация». На протяжении уже четырех десятков лет журнал регулярно представляет оперативную научно-техническую информацию по актуальным проблемам состояния и перспективах развития ядерной науки, техники и промышленности за рубежом, направлениям их дальнейшего научно-технического прогресса. Наличие обратной связи позволяло журналу своевременно реагировать на потребности руководства и специалистов отрасли. Журнал приобрел широкую известность и пользовался заслуженным спросом. Издание журнала достигало 50 выпусков в год тиражом до 1000 экземпляров и объемом до 130 учетно-издательских листов.

В соответствии с возрастающими потребностями в более детальном анализе исходной информации (и особенно в ее достоверности) логическим продолжением в информационной деятельности института стало проведение аналитических исследований с представлением их результатов преимущественно в виде обзорно-аналитических, справочно-статистических, расчетно-оценочных и других материалов (Ю.В. Смирнов и др.).

Тематическая направленность этих исследований охватывает практически весь спектр ядерно-энергетического комплекса. В выпускаемых обзорах (серия АИНФ) освещаются как общие проблемы развития ядерной науки, техники и промышленности за рубежом, так и конкретные аспекты ядерной энергетики и ядерного топливного цикла, в том числе и в разрезе отдельных стран в соответствии с интересами руководства и специалистов. Анализируются также военные ядерные программы зарубежных стран и их военно-промышленных блоков.

Издание обзорно-аналитической информации достигало десятков выпусков в год с тиражом до 350 экз. и объемом до 200 учетно-издательских листов. Многие исследования проводились в творческом сотрудничестве с ведущими научными организациями и предприятиями отрасли, что позволяло более доказательно и объективно обосновывать представляемые

выводы и предложения. Существенный объем составляет справочно-аналитическая информация, представляемая институтом по систематическим запросам руководства отрасли и директивных органов. В области оборонной тематики особое внимание уделяется исследованию военно-экономического потенциала зарубежных ядерных стран и их военных блоков и перспективам расширения ядерного клуба. Представляемые обзорно-аналитические материалы, статистические и оценочные данные использовались руководством отрасли и директивными органами для принятия соответствующих управленческих решений, корректировки проводимых НИОКР и программ промышленного производства в системе вооружений и военной техники.

Для удовлетворения информационных потребностей, главным образом центрального аппарата отрасли, была создана специальная служба оперативного дифференцированного обеспечения руководства (ДОР) (В.И. Гостев и др.).

Тематическая направленность службы ДОР охватывала практически все сферы деятельности отрасли как в гражданском, так и оборонном секторах. Качество и объем представляемой службой информации заслуженно были оценены ее абонентами. Служба ДОР охватывает до 160 абонентов — руководителей различного уровня. Количество сообщений, направляемых абонентам, достигало 550 в год, общим объемом до 250 учетно-издательских листов. В дополнение к системе ДОР в институте организована оперативная аналитическая служба, задача которой — подготовка по заказам руководства отрасли информационно-аналитических и экспертно-оценочных материалов как по отечественным, так и зарубежным информационным источникам. К подготовке выходной продукции привлекаются высококвалифицированные специалисты отрасли.

Характеризуя издательскую деятельность института, следует отметить такие популярные среди специалистов журналы, как «Атомная энергия» и «Атомная техника за рубежом», издаваемые через Энергоатомиздат.

С 1969 г. ЦНИИАтоминформ выступает в качестве органа, координирующего издательскую деятельность всех предприятий отрасли (Н.П. Чижова и др.). На базе института издаются ряд информационных материалов, полу-

чивших признание специалистов, в их числе тематические серии научно-технического сборника «Вопросы атомной науки и техники» (серия ВАНТ). Годовой объем выпускаемых институтом изданий достигал 1000 учетно-издательских листов.

В 1988 г. в ЦНИИАтоминформе создан Центр общественной информации по ядерной энергии с целью формирования объективного отношения населения к ядерным объектам с помощью средств массовой информации (руководитель направления Г. А. Кауров). Для оперативной работы созданы отделения Центра в наиболее крупных и насыщенных объектами ядерной энергетики регионах. С положительным эффектом используется информация, получаемая из нетрадиционных источников и направляемая на предприятия отрасли после предварительной аналитической обработки специалистами института.

Важным вкладом ЦНИИАтоминформ в становление и развитие информационного обеспечения отечественной ядерной науки, техники и промышленности является выполнение возложенных на него функций национального центра Международной системы ядерной информации (ИНИС), действующей в рамках международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) с мая 1970 г. Институт осуществляет ввод отечественной информации в ИНИС, получает и распространяет получаемую продукцию среди отраслевых и внеотраслевых организаций и участвует в мероприятиях по совершенствованию ИНИС. Эффективность системы ИНИС является следствием ее основного принципа работы: ввод каждым участником всей своей информации по ядерной проблематике и получение взамен полной базы данных, состоящей из библиографического описания и рефератов публикаций, а также полных текстов так называемой труднодоступной информации — научных отчетов, диссертаций, патентов и т. п. В ИНИС состоят 90 стран и 17 международных организаций. База данных ИНИС к настоящему времени приближается к двум миллионам единиц информации и ежегодно пополняется на 70—80 тыс. единиц. Вводя в ИНИС примерно 7 тыс. единиц информации ежегодно, мы получаем на порядок больше единиц рефератов продукции, а также свыше 10 тыс. полных текстов зарубежных публикаций на микрофишах.

Плодотворное участие в ИНИС способство-

вало повышению качества отраслевого информационного обеспечения до передового уровня развитых в информационном отношении стран и предоставило возможность российским ученым и инженерам пользоваться мировой ядерной информацией из центра ее сбора.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦНИИАТОМИНФОРМ

Развитие энергетического направления в отрасли, сопровождавшееся ростом производственных мощностей ядерного топливного цикла, и развертывание НИОКР по созданию различных типов реакторных установок поставило перед отраслью новые задачи, связанные с повышением экономической эффективности промышленного производства и определением наиболее эффективных направлений в научных разработках в области ядерной энергетики. Решение этих задач потребовало создания нового направления в отраслевой науке — экономики ядерной энергетики. Основа этого направления была заложена в работах ведущих НИИ проектных институтов отрасли (ВНИИПИЭТ, ГСПИ, ПРОМНИИпроект, НИКИЭТ и др.), в частности, по разработке экономико-математических моделей основных технологических процессов ЯТЦ, а также в ТЭИ по экономическому обоснованию новых разработок в области технологии и проектирования ядерных энергетических реакторов.

Традиционная организационная структура отрасли, при которой ведущие НИИ и проектные институты были «привязаны» к отдельным производствам и подотраслям, ограничивали возможности проводимых ТЭИ. Результаты этих исследований не позволяли учесть взаимовлияние к взаимосвязь отдельных производств ЯТЦ, образующих единую технологическую цепочку в производстве основной продукции. Необходимо было развивать комплексные ТЭН, которые позволяли бы учесть эти особенности и реализовать системный подход к исследованию актуальных экономических задач, стоящих перед отраслью.

Организация и координация таких исследований в отрасли была возложена на ЦНИИАтоминформ (Л.А. Цицулин, Б.К. Гордеев, Б.А. Чумаченко и др.). В ЦНИИАтоминформ разработана и создана соответствующая инструментальная база — нормативно-методичес-

кие материалы, система экономико-математических моделей ЯТЦ и программный комплекс для проведения ТЭИ с использованием вычислительной техники. ЦНИИАтоминформ также являлся головной организацией в проведении комплексных ТЭИ с привлечением ведущих НИИ и проектных институтов в решении важнейших экономических задач отрасли.

Созданные в ЦНИИАтоминформ инструктивно-методические материалы и адаптированные институтом к условиям отрасли государственные методики позволили формировать на единой методической основе планы НИОКР и по внедрению новой техники, отраслевые научно-технические программы, осуществлять оценку их эффективности и эффективности деятельности конкретных предприятий отрасли. Получаемая в результате этих исследований технико-экономическая информация используется руководством отрасли в сфере управления научно-производственной деятельностью отрасли. Разработанные в ЦНИИАтоминформ экономико-математические модели ядерного топливного цикла позволили формировать и обосновывать планы различной перспективы основного промышленного производства отрасли.

С началом в стране экономических реформ и переходом к рыночной экономике, с предоставлением предприятиям хозяйственной самостоятельности акцент в отраслевом управлении смещается от административных методов к методам программно-целевого управления. В этих условиях возрастает роль ЦНИИАтоминформ как организатора и основного исполнителя системных отраслевых технико-экономических исследований и разработок. На этом этапе для отрасли одной из важнейших проблем стала разработка долгосрочной стратегии развития ядерной энергетики. Решение этой проблемы требовало оценки конкурентоспособности ядерной энергетики в сравнении с ТЭС на органическом топливе, определения роли и места ядерной энергетики в топливно-энергетическом комплексе страны.

Разработка стратегии потребовала проведения комплексных исследований, учитывающих различные аспекты развития энерготехнологии с использованием ядерных реакторов: масштабы развития энерго мощностей, топливообеспечение, возможности ядерного энергообеспечения, экономическое обоснование, экологичес-

кое обоснование и др. В выполнении этих исследований ЦНИИАтоминформ играет роль головной организации, осуществляет организационно-методическое руководство, а также исполнителя важнейших аспектов стратегии по топливообеспечению, технико-экономическому обоснованию, обоснованию структуры и масштабов развития мощностей АЭС. В результате подготовлена и представлена в правительство стратегия развития ядерной энергетики (ЯЭ) в России до 2010 г., определяющая основные направления и пути развития ЯЭ в стране на ближайшую перспективу.

Важной проблемой развития ЯЭ в России как долгосрочного энергетического ресурса является оценка ее возможностей и роли в обеспечении электропроизводства в стране в долгосрочной перспективе за пределами 2010 г. Это связано также с тем, что при существующих экономических условиях масштабное развитие ЯЭ в России возможно лишь за пределами указанного срока. Эта проблема связана с оценкой потребностей в электропотреблении, возможностей традиционной энергетики на органическом топливе, сырьевых ресурсов урана, а также с решением проблемы переработки отработавшего ядерного топлива и захоронения радиоактивных отходов и создания безопасных реакторов нового поколения.

ЦНИИАтоминформ играет важную роль в исследовании этой проблемы. В институте проводятся исследования по анализу имеющихся ресурсов природного урана, оценке возможностей развития энерго мощностей при использовании природного урана и вторичных ресурсов (регенерированного урана и плутония) и прогнозированию развития структуры ЯЭ в долгосрочной перспективе. Также проводятся исследования по экономической оценке затрат на обращение с отработавшим топливом и захоронение радиоактивных отходов при реализации открытого и замкнутого топливных циклов.

**ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ, РАЦИОНАЛИЗАТОРСКАЯ
И ПАТЕНТНО-ЛИЦЕНЗИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ,
НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА И ЗАЩИТЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

С введением рыночных отношений обеспечение защиты интеллектуальной собственности отрасли выдвигается на передний план.

Наряду с традиционной экспертизой изобретений развертываются работы по нормативно-методическому обеспечению защиты прав Министерства на объекты интеллектуальной собственности, а также правового регулирования передачи этих объектов третьим лицам, по защите правового регулирования и использования объектов промышленной собственности, ноу-хау, формированию отраслевого банка данных об объектах промышленной собственности, правовой экспертизе объектов, предполагаемых для коммерческой реализации за рубежом.

В результате бурного развития ядерной энергетики и промышленности сформировался ядерно-энергетический комплекс страны и ее оборонный сектор с высоким научно-техническим и промышленным потенциалом. Высокая наукоемкость и многопрофильность отрасли позволили ей осуществлять научные исследования и разработки на самом современном уровне и располагать большим числом объектов охраны промышленной собственности (патентов на изобретения). Возникла проблема с одной стороны сохранить в секрете отраслевые изобретения, а с другой, в связи с коммерческой заинтересованностью зарубежных фирм к отраслевым достижениям, обеспечить в зарубежных странах правовую охрану государственных интересов и авторских прав на промышленную собственность, созданную на предприятиях и организациях отрасли.

Решение этой проблемы было возложено на ЦНИИАтоминформ. Для этого в институте приняты следующие меры:

1) организовано проведение государственной научно-технической экспертизы закрытых изобретений по тематике отрасли и выдача охранных грамот предприятиям и авторам, чьи предложения были квалифицированы изобретениями;

2) проводится подготовка заключений по предложениям по зарубежному патентованию открытых изобретений и продаже за границу лицензий на перспективную для коммерческой реализации научно-техническую и промышленную продукцию предприятий и организаций отрасли;

3) организованы проведение анализа договоров по международному научно-техническому и экономическому сотрудничеству (МНТС) и подготовка по ним заключений с целью ре-

гулирования в них правовых вопросов сотрудничества, осуществляемого предприятиями и организациями отрасли с зарубежными организациями и фирмами, для юридического закрепления интересов страны и авторских прав в области охраны промышленной собственности;

4) осуществляется подготовка для руководства министерства проектов управленческих решений по совершенствованию изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работы на основе систематического анализа этой деятельности в отрасли;

5) организована разработка методических и нормативных документов, регламентирующих изобретательскую, рационализаторскую и патентно-лицензионную деятельность, комплектование, издание и распространение сборников общегосударственных и отраслевых документов, действующих на данный момент времени (А. В. Горячев и др.).

ЦНИИАтоминформ рассмотрел около 40 тыс. заявок на закрытые изобретения и обеспечил рост выхода положительных решений до 50%. Около 70% этих изобретений внедрено в промышленности с большим экономическим эффектом. Эти изобретения представляют собой национальное достояние отечественной ядерной науки и техники, свидетельствующее о большом вкладе и приоритете наших ученых и инженерно-технических работников в создание ядерно-энергетического комплекса и укрепление обороноспособности страны. Многие изобретения по оригинальности решения сложных технических проблем не утратили актуальность и в настоящее время.

К работам по зарубежному патентованию и продаже лицензий ЦНИИАтоминформ был подключен в 70-е годы. По предложениям по зарубежному патентованию изобретений и продаже лицензий институт готовил проекты окончательных решений руководства отрасли. Одновременно с этим осуществлялся учет проданных лицензий, запатентованных (снятых с патентования) изобретений и результатов выполнения планов валютных поступлений от продажи лицензий. Было передано 240 лицензий, содержащих 500 изобретений.

Начиная с 1990 г. в связи с отменой государственной монополии на внешнюю торговлю отраслевые предприятия получили разрешение самостоятельно выходить на внешний рынок,

патентовать изобретения, осуществлять услуги типа «инжиниринг», экспортировать продукцию и пр. Одной из форм контактов с инофирмами стали международные выставки и ярмарки, в организации которых активное участие принимает ЦНИИАтоминформ. При осуществлении анализа договоров МНТС ЦНИИАтоминформ в период с 1980 г. подготовил заключения по 175 темам МНТС, которые содержали предложения по внесению в договора условий, закрепляющих интересы страны и авторские права в области охраны промышленной собственности.

Благодаря работе ЦНИИАтоминформ в «План научно-технического сотрудничества страны с зарубежными странами», утверждаемый Правительством, включалась только та тематика МНТС, которая гарантировала юридическую защиту интересов страны в области охраны интеллектуальной и промышленной собственности в соответствии с национальным законодательством и действующими международными соглашениями.

Существенную помощь предприятиям и организациям отрасли по осуществлению патентно-лицензионной деятельности при зарубежном патентовании, продаже лицензий, осуществлении МНТС, были систематически выпускаемые в ЦНИИАтоминформ сборники нормативных документов по изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работе. Было выпущено и разослано предприятиям и организациям 6 томов таких сборников, содержащих более 800 действующих нормативно-методических документов.

Результаты аналитических исследований института служили основой для принятия руководством Министерства и Главными управлениями решений по устранению недостатков, совершенствованию и активизации изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работы, а также повышению ее эффективности. Этому способствовали организованные и проведенные институтом 10 отраслевых конференций изобретателей, рационализаторов и патентоведов, ежегодно организуемые смотры деятельности предприятий в области изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной работы, а также организация деятельности патентного совета министерства.

С начала регистрации научных открытий,

которая осуществлялась в нашей стране с 1967 г., в государственный реестр открытий было внесено около 360 открытий. Из этого числа 60 открытий были сделаны учеными и инженерно-техническими работниками нашей отрасли промышленности. Эти открытия позволили добиться мирового первенства в ряде фундаментальных наук, таких как ядерная физика и физика высоких энергий, физика плазмы, в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу, и отрасль заняла первое место в стране по числу зарегистрированных открытий (свыше 16%).

Начиная с 1969 г. возникла проблема с обеспечением предприятий и организаций отрасли нормативной документацией (НД) по стандартизации, разработанной предприятиями и организациями других министерств и ведомств, классификацией и кодированием предприятий и выпускаемой ими продукции, включая кодирование продукции как на общегосударственном, так и отраслевом уровне, а также созданием Информационного центра стандартизации и информационного фонда стандартов Минатома России, являющегося составной частью структуры Федерального фонда стандартов.

Выполнение этих работ было поручено ЦНИИАтоминформу.

К 1971 г. создается справочно-информационный фонд (СНФ) нормативно-технических документов, а в 1982 г. — отраслевой справочно-информационный фонд отечественных нормативно-технических документов (НТД) как нормативная база для проведения работ по стандартизации, унификации и информационному обеспечению НИР, ОКР и производства продукции по предприятиям Министерства.

К настоящему времени в области стандартизации институт выполняет функции базовой организации по стандартизации (БОС16), головной организации по обеспечению НТД и классификаторами технико-экономической информации (ТЭИ), головной организации в отрасли по разработке, внедрению и ведению отраслевых разделов ОКП, ОКП СЭВ, ЕМК, ОКПО и ведению и внедрению других общегосударственных классификаторов ТЭИ (А.В. Петров и др.).

Разработаны и функционируют автоматизированная система информационного обеспечения работ по стандартизации на предприятиях отрасли (АСИ-ОРС), автоматизированная сис-

тема ведения отраслевых разделов общегосударственных классификаторов ТЭИ (АСВОР).

Осуществляя порученную институту деятельность в области стандартизации, он ежегодно направляет предприятиям и организациям отрасли более 10 тыс. НД по стандартизации, проводит ведомственную регистрацию вновь разработанных НД по стандартизации и изменений к ним, осуществляет работы по классификации и кодированию, ведет отраслевой фонд, насчитывающий более 20 тыс. наименований документов.

Институт, как отраслевой архивный фонд, обеспечивает работы по организации, хранению, учету, исследованию и использованию документов отрасли, входящих в Государственный архивный фонд, а также выполняет функции научно-методического центра по вопросам архивного дела и ведения делопроизводства в отрасли. В отраслевом архиве сконцентрировано более 200 тыс. дел (в том числе уникальных), свидетельствующих о становлении и развитии ядерной промышленности. Документы активно используются для решения научных и производственных задач, социально-правовых вопросов организаций и отдельных граждан: ежегодно выдается более 1,5 тыс. дел и от 500 и более справок социально-правового характера.

В конце 80-х годов развернуты работы по проблемам качества, а конкретнее — обеспечения качества изделий, разработок и исследования, что обуславливалось вхождением в систему рыночных отношений (В. А. Качалов и др.). Сформулированы основные функции этого направления деятельности. В частности, предусматривается разработка по заявкам предприятий систем обеспечения качества на основе ГОСТ 40.9001-9003, стандартов ИСО серии 9000, норм МАГАТЭ, национальных нормативов и правил.

С конца 80-х годов Головная служба страхового фонда конструкторской, технической и нормативной документации отрасли на микрофильмах успешно функционирует на базе ЦНИИАтоминформ как научно-методический и информационный центр по страховому фонду документации (СФД) с разветвленными функциональными обязанностями.

Главная направленность нормативно-правовой деятельности в международной сфере — обеспечение гарантий нераспространения

ядерного оружия и делящихся материалов. Выполнение гарантий МАГАТЭ обеспечивается проведением ряда крупных мероприятий, в частности, активным участием в международных конференциях по рассмотрению действия Договора о нераспространении ядерного оружия и организации государственной системы учета и контроля ядерных материалов на объектах ядерной энергетики бывшего СССР (АЭС и исследовательские реакторы).

РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

С середины 60-х годов началось внедрение вычислительной техники в сферу управления организационно-экономическими системами. К этому времени в отрасли был накоплен значительный опыт использования вычислительной техники для проведения инженерных расчетов, обработки результатов научных экспериментов в системах автоматического управления технологическими процессами. Однако, практически, отсутствовал опыт создания автоматизированных систем управления объектами организационного типа. В силу этого, на первом этапе разработки АСУ различных уровней управления осуществлялись несистемно, в ограниченном объеме. При разработке таких систем отраслевыми предприятиями использовались различные методическая, техническая и математическая базы.

Для обеспечения координации работ в этой области, выработки единой научно-технической политики приказом по отрасли от 12.08.08 г. № 042 функции Головной организации по разработке и внедрению автоматизированных систем управления были возложены на ЦНИИАтоминформ. Были созданы отраслевые отделы и лаборатории по АСУ и ВТ, определены головные разработчики типовых АСУ различного назначения (руководитель И.В. Мишуков).

Выполняя функции Головной организации, ЦНИИАтоминформ разработал и внедрил широкий спектр нормативно-методических документов, регламентирующих процесс создания АСУ различного назначения, важнейшим из которых стал отраслевой стандарт по разработке АСУ. Для распространения передового опыта в отрасли в Институте был организован отраслевой фонд алгоритмов и программ, в

котором аккумулировалась информация о всех отраслевых разработках в этой области. Были организованы и проведены четыре отраслевых совещания по созданию и внедрению АСУ, в работе которых принимали участие ведущие специалисты отрасли и других министерств, руководство Министерства. По итогам обсуждения результатов работ в области АСУ на этих совещаниях принимались соответствующие решения, которые определяли основные направления разработок в этой области на долговременный период. В 1987 г. руководством отрасли была утверждена разработанная в ЦНИИАтоминформ комплексная отраслевая научно-техническая программа создания, развития и эффективного использования интегрированных АСУ и ВТ, которая предусматривала создание в отрасли комплекса ИАСУ научными организациями и промышленными предприятиями, отраслевой сети вычислительных центров и сети передачи данных, дальнейшее развитие АСУ различного назначения.

В результате реализации первого этапа этой программы были разработаны и сданы в эксплуатацию более 400 АСУ различных классов и назначений, 140 типов АРМ для промышленных предприятий и более 60 АРМ для научных организаций.

В связи с внедрением в стране новых экономических отношений претерпели существенные изменения методы и организация работ по созданию АСУ, что потребовало значительной переработки названной программы (А.И. Шипилов, Ю.И. Яценко и др.). С учетом происшедших и происходящих изменений в хозяйственном механизме страны и отрасли ЦНИИАтоминформом была разработана комплексная научно-техническая программа «Информатизация предприятий и организаций Министерства на 1993—2000 гг.»

Наряду с научно-методической и организационной работами в ЦНИИАтоминформ выполнен значительный объем НИОКР по созданию АСУ Министерства. Уже в середине 70-х годов на ГВЦ Министерства осуществлялась эксплуатация 106 задач по 11 функциональным подсистемам. Это позволило в значительной степени освободить работников аппарата Министерства от рутинных расчетных операций по составлению статистических отчетов, сократить сроки обработки информации и повысить оператив-

ность принимаемых решений. Существенным достижением ЦНИИАтоминформ на этом и последующих этапах внедрения ОАСУ являлось предоставление возможности проведения многовариантных плановых расчетов. Это позволяло формировать более обоснованные планы по основной деятельности отрасли.

Одной из серьезнейших проблем обработки информации на ЭВМ является защита информации от несанкционированного доступа. Решение этой проблемы было поручено ЦНИИАтоминформ, и она была успешно решена (А. В. Шеин и др.). Институтом был разработан по этой проблеме комплект необходимых инструментально-методических документов и выполнен ряд разработок. О высоком качестве этих разработок свидетельствует то, что в настоящее время Институт по этой проблеме занимает ведущее место не только в отрасли, но и в стране. Разработанные для ПЭВМ и локальных вычислительных сетей на их базе системы защиты информации от несанкционированного доступа «Снег» и «Снег ЛВС» внедряются и эксплуатируются не только на предприятиях отрасли, но и в высших органах государственной власти, в других министерствах и ведомствах.

В 90-х годах в ЦНИИАтоминформ активно проводились и проводятся работы по развитию подсистем и комплексов задач ОАСУ с учетом новых экономических отношений, по информационному и программному обеспечению действий в чрезвычайных ситуациях, информатизации вопросов ядерной, радиационной и технической безопасности и по развитию новых технологий в области информационной деятельности.

При активном участии Института осуществлялась разработка, телекоммуникационной сети «Х-Атом», включающей в себя региональные и кустовые коммуникационные узлы. Эта сеть зарегистрирована в международной системе INTERNET и вступила в стадию эксплуатации. На базе ЦНИИАтоминформ создан Центральный коммутационный узел связи. Организована связь с Министерством, Волго-Вятским и Уральским регионами, с кустовыми узлами ИТЭФ, ОКБ «ГИДРОПРЕСС» и др. Задачей сети является обеспечение абонентов услугами по передаче файлов, электронной почты, доступа к базам данных, к удаленным вычислительным ресурсам, к научным базам данных за рубежом.

В ЦНИИАтоинформ создана, эксплуатируется и поддерживается полнотекстовая база данных отраслевых нормативных документов (приказов), нормативных документов Президента, правительства, парламента и других директивных структур; формируется база данных отраслевых указаний. Все это позволяет пользователям системы получать достоверную и полную информацию в виде нормативных документов отраслевого и государственного уровня по широкому кругу экономических проблем.

Значителен вклад ЦНИИАтоинформ во внедрение в отрасли методов приграммно-целевого планирования и управления. Институт разработал комплект методических материалов, регламентирующих порядок формирования и сопровождения программ. Эти материалы прошли апробацию при формировании отраслевых программ. В соответствии с этими материалами организуются необходимые структуры по управлению научно-технической и производственной деятельностью по выполнению конкретных отраслевых программ.

Научно-исследовательский институт химического машиностроения

Б.Р. Борисов, М.М. Ардуанов, В.А. Чемезов

В августе 1942 г. в соответствии с Постановлением СНК СССР и приказом Народного комиссара Миноружетного вооружения на окраине Свердловска в районе поселка Нижне-Исетск на базе эвакуированных предприятий был образован Уральский завод химического машиностроения (Уралхиммаш). Для выполнения отдельных оборонных заказов при нем был создан Научно-исследовательский институт химического машиностроения (НИИХИММАШ), в который были привлечены специалисты институтов ЭКИХИММАШ и ГИПРОХИМБУММАШ, прибывшие из Харькова и Ленинграда.

Исполняющим обязанности директора института был назначен ветеран Киевского завода «Большевик», начальник его центральной заводской лаборатории Е.И. Гольдман, а главным инженером по совместительству Н.А. Доллежалъ (будущий академик, директор НИКИЭТ, главный конструктор ядерных реакторов). Одновременно он являлся главным инженером завода.

Была установлена следующая структура института: два сектора — химических аппаратов и бумагоделательного машиностроения, четыре лаборатории — тепловая, узлов и деталей машин, обработки газов и жидкостей, химического материаловедения. Секторы и лаборатории были малочисленны (всего по 3—5 сотрудников) и занимались в основном оказанием технической помощи заводам, работающим на оборону.

В 1943 г. Н.А. Доллежалъ был откомандирован в Москву, где по его инициативе был создан филиал Свердловского НИИХИММАШ, который в том же году стал головным, а НИИ в Свердловске был преобразован в его филиал.

В связи о переводом Е.И. Гольдмана в 1945 г. в Ленинград директором филиала был назначен Н.А. Ушатинский, который проработал в этой должности до 1949 г. С его именем связано создание в 1948 г. лаборатории выпар-

ных аппаратов. В этом же году по заданию головного НИИ институт начал выполнять работы для ядерной промышленности.

С 1949 по 1952 г. Свердловским филиалом НИИ руководил директор завода Уралхиммаш В.П. Курганов, а затем на эту должность был назначен заместитель главного инженера завода М.Ф. Матвеев. Коллектив филиала вырос за это время до 170 человек.

Положением о Свердловском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института химического машиностроения, утвержденном в 1953 г., на институт возлагались конструирование и испытание новых видов и типов машин и аппаратов с использованием достижений передовой науки и техники химического машиностроения, изготовление опытных образцов и их испытание, модернизация оборудования химических производств с целью улучшения качества, увеличения производительности и срока службы, а также использование накопленных данных и опыта в разработке новых типов машин и аппаратов, в том числе и для смежных отраслей промышленности.

Рост ядерно-энергетического комплекса страны, и в связи с этим создание и развитие радиохимических производств, объектов по производству нуклидов, ядерного топлива и компонентов ядерного оружия, значительная часть которых была сосредоточена на Урале, потребовали создания в этом регионе научно-производственной базы, которая взяла бы на себя роль разработчика специфических технологических процессов и оборудования, могла бы изготавливать, испытывать и доводить опытные и головные образцы оборудования и обеспечивать внедрение их в производство. Для такой роли как никто более подходил Свердловский НИИХИММАШ: относительно небольшой, но уже сложившийся коллектив, имеющий некоторый опыт работы с ядерной промышленностью, соседство с заводом Уралхиммаш, который уже постоянно изготавливал оборудование для этой отрасли, бли-



1 мая 1964 года. В центре Ф.П. Заостровский — директор СverdНИИХИММАШ (1960—1966 гг.), справа А.П. Шабашов — главный конструктор (директор института в 1966—1976 гг.), слева В.Г. Шаццлло — заместитель директора (в 1976—1991 гг. директор)

зость к потребителям — совершенно секретным в то время объектам — все эти факты позволили сделать выбор в пользу института. Особо следует отметить инициативу, проявленную в этом вопросе В.Г. Шаццлло, бывшего в то время заместителем директора СverdНИИХИММАША.

Институт планировал в 1957 г. выполнить работы для Министерства среднего машиностроения на 1,2 млн. руб. и обещал при условии строительства жилья и вложении средств в развитие производства в 1959 г. довести численность работающих до 500 человек и выполнить объем работ на 8,0 млн. руб. В 1957 г. институт вошел в состав Министерства среднего машиностроения как предприятие п/я 10, переименованный затем в п/я 222, НИКИ-15 и, наконец, предприятие п/я А-1297, сохраняя открытое наименование СverdНИИХИММАШ. С этого времени начинается новая страница в истории института. Развитие его проходило в направле-

нии создания материально-технической базы с учетом производственных и социальных потребностей, формирования научных направлений, создания и развития научных школ по актуальным и перспективным проблемам согласно отраслевым запросам и инициативной тематике.

В 1958 г. был заложен главный инженерный корпус института, первая очередь которого была сдана в декабре следующего года. Был построен первый жилой дом. Это позволило обеспечить приток необходимых кадров, увеличить объем выполняемых работ.

С назначением в 1960 г. на должность директора института Ф.П. Заостровского, имевшего большой опыт научно-педагогической и организаторской деятельности в Уральском политехническом институте, начала активно развиваться и расширяться тематика научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в большей части по отраслевым проблемам. Главнейшей из них было создание мощного опреснительного комплекса с использованием вод Каспийского моря и тепла от энергетического ядерного реактора БН-350.

Особенно высокими темпами началось строительство жилья и объектов производственного назначения. Это можно объяснить не только организаторским талантом и хозяйственным опытом нового директора, но и тем, что Министерство обеспечивало большие капитальные вложения и привлекало к строительству свои специализированные организации. С 1960 по 1966 г. были построены два крупных цеха опытного производства, здание стендового корпуса, завершено строительство главного инженерного корпуса с большим актовым залом, столовой, поликлиникой. Для сотрудников института было построено свыше 40 тыс. м² жилья, что позволило гарантировать в минимальные сроки предоставление благоустроенного жилья принимаемым на работу — это во многом позволило решить кадровые вопросы. В институт стали приходить не только молодые специалисты — выпускники в основном местных вузов и техникумов, но и кадры, имеющие производственный опыт, специалисты с промплощадок отрасли. В их числе Г.И. Четчин, бывший главный механик завода «Б». С этого же завода пришли А.Е. Бычков, Ю.А. Колотыгин, В.Б. Дмитриев, В.И. Решетников, В.М. Сапрыкин, О.П. Четчина и

др. До института работали на заводе «В» В.В. Долгов, В.В. Блинов и некоторые другие сотрудники. В последующем Г.И. Четчин (с 1966 по 1987 гг.) и В.В. Долгов (с 1977 по 1991 г.) работали заместителями директора института по научной работе.

В 1966 г. Ф.П. Заостровский был назначен ректором Уральского политехнического института — одного из крупнейших вузов страны.

Время с 1966 по 1976 г., когда директором был А.П. Шабашов, характеризуется дальнейшей интенсификацией НИОКР, развитием связей и тесного сотрудничества с ведущими НИИ отрасли, разработкой и изготовлением по их заданиям экспериментальных установок и участием в их испытаниях и внедрении, проведении исследований по инициативной тематике на собственных стендах. Важнейшей из работ в этот период, которая велась непосредственно под научным руководством А.П. Шабашова, было создание и внедрение оборудования для сооружения 1«Б».

Было продолжено развитие производственной базы и насыщение ее современной техникой. Особенно следует отметить сооружение современного складского хозяйства. Это важно с точки зрения обеспечения четкой классификации и сертификации используемых для ядерной техники материалов и комплектующих изделий, обеспечения их сохранности и пригодности к последующему применению. Большие успехи были достигнуты в деле сооружения объектов культурно-бытового назначения. В 1966 г. был сдан в эксплуатацию пионерский лагерь, в 1967 прекрасный Дворец культуры, в 1972 г. спортивный корпус с плавательным бассейном, в 1976 санаторий-профилакторий, продолжалось жилищное строительство.

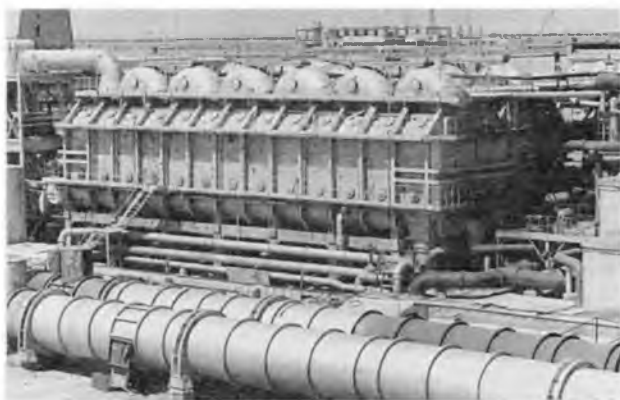
В 1976 г. директором института был назначен В.Г. Шацилло. К этому времени институт получил заслуженное признание не только как специализированное предприятие по разработке нестандартизованного оборудования для ядерной промышленности, но и как разработчик оборудования для химических и химикометаллургических предприятий. По заданию Министерства институт приступил к разработке оборудования для мясо-молочной и пищевой промышленности. Тем не менее одной из важнейших задач было создание оборудования для заводов РТ. Научным руководителем работ

являлся В.Г. Шацилло, назначенный Министром главным конструктором радиохимического оборудования.

Следует отметить, что постепенно темпы жилищного строительства заметно снизились. Это можно объяснить снижением объема финансирования, отсутствием площадей, пригодных под застройку без отселения значительного количества жителей из частного сектора, и отвлечением строителей на другие объекты по указанию руководства области. Несмотря на это, в 1980 г. институт получил прекрасное здание нового стендового корпуса с современным вычислительным центром, мастерскими и лабораторными помещениями. В 1991 г. было завершено строительство нового 11-этажного инженерного корпуса. Большой вклад в организацию строительства производственных сооружений, жилого фонда и культурно-бытовых объектов внес С.И. Орлов — член Союза архитекторов СССР, участник Великой Отечественной войны и Парада Победы на Красной площади Москвы, который 35 лет проработал в институте и 22 из них руководил отделом капитального строительства.

Руководство Министерства уделяло постоянное внимание развитию и становлению института, выделяя необходимые материальные средства, современное оборудование и приборы. В институт в разные годы приезжали Е.П. Славский, А.И. Чурин, А.М. Петросьянц, А.П. Александров, Н.М. Синев, В.Ф. Коновалов, Л. Д. Рябев, А.Д. Захаренков, А.Г. Александров и др. Руководители института и общественных организаций с благодарностью вспоминают работников Главного управления, ветеранов отрасли В.В. Гильгена и В.И. Черепкова, которые на протяжении многих лет курировали работу института и оказывали повседневную помощь в его работе.

Что касается формирования научных направлений в деятельности института, то прежде всего следует остановиться на традиционно сложившейся с 1942 г. тематике. Один из первых директоров института Н.А. Ушатинский был основателем научной школы выпарной техники на Урале, ставшей со временем наиболее квалифицированной и дееспособной в СССР. К достижениям этой школы следует отнести научное обоснование и создание выпарных аппаратов нового типа для накипеобразующих растворов (так называемых аппаратов с



Первая в СССР крупная стационарная дистилляционная опреснительная установка мгновенного вскипания опреснительного комплекса в г. Шевченко (ныне Актау, республика Казахстан)

вынесенной зоной кипения), способа кристаллизации солей из растворов путем выпаривания с накоплением твердой фазы и интенсивной циркуляцией суспензии, развитие и конкретизацию теории многокорпусной выпарки. Н.А. Ушатинским совместно с С.И. Голубом и В.Б. Чернозубовым в конце 50-х годов было разработано и внедрено на ряде заводов новое поколение выпарных аппаратов для концентрирования алюминатных щелоков. В.Б. Чернозубов стал научным преемником Н.А. Ушатинского и в начале 60-х годов развил и возглавил научную школу опреснения морских и солоноватых вод методом термической дистилляции.

Одним из наиболее значительных достижений этой школы явилось создание крупного опреснительного комплекса в городе Шевченко (ныне Актау, республика Казахстан), за разработку которого сотрудники института Ф.П. Заостровский, В.Г. Шаццлло, В.Б. Чернозубов, С.И. Голуб, В.И. Ткач и Е.П. Новиков были удостоены Ленинской премии (1966 г.). В 1974 г. В.Б. Чернозубов был назначен Главным конструктором Министерства по опреснительной технике.

Основные наиболее квалифицированные кадры, занимающиеся выпарной техникой, в настоящее время сосредоточены в отделе теплотехнической аппаратуры, который кроме названных имеет ряд крупных успешно внедренных работ. В их числе выпарные установки для получения сложных минеральных удобрений, электролитических и бихроматных щелоков,

поваренной соли, сгущения молока, переработки стоков гальванических производств, установки для получения медного и железного купоросов.

В 1976 г. начальнику лаборатории В.И. Лаврашу (ныне заместитель директора института по научной работе) за участие в разработке и внедрении производства сложных минеральных удобрений на Прикаспийском горно-металлургическом комбинате была присуждена премия Совета Министров СССР.

В 1979 г. начальнику конструкторской группы А.Н. Смолину за участие в разработке установки по получению обогащенного урана была присуждена Государственная премия. В 1981 г. старшему инженеру В.С. Юркину за участие в разработке и внедрении безотходной технологии водооборота в цехе холодной прокатки Верх-Исетского металлургического завода была присуждена Государственная премия. В 1986 г. старшему научному сотруднику В.Л. Подберезному за участие в разработке и внедрении ресурсосберегающей системы замкнутого водооборота на Первомайском промышленном комплексе была также присуждена Государственная премия. В 1988 г. за участие в создании установки приготовления питьевой воды из морской А.П. Егорову была присуждена премия Совета Министров СССР.

Весьма авторитетной в научных кругах является Уральская школа по изучению процессов и созданию оборудования для массовой кристаллизации из растворов, созданная в начале 60-х годов Л.Н. Матусевичем, который с 1960 по 1969 г. возглавлял лабораторию кристаллизационного оборудования. Под его руководством было разработано и внедрено 26 установок различных типов. Он был в числе инициаторов ряда всесоюзных и международных симпозиумов, организуемых рабочей группой по промышленной кристаллизации Европейской федерации химической промышленности. С 1969 г. этот научный коллектив возглавляет В.А. Постников, под руководством которого разработан и внедрен на предприятиях отрасли целый ряд крупнотоннажных кристаллизационных установок для получения фторбериллата аммония, фторцирконата калия, нитрата натрия и др.

В 1954 г. был образован отдел по созданию оборудования для разделения жидких неоднородных систем. Предполагалось, что отдел бу-

дет заниматься фильтрационным оборудованием и созданием центрифуг, однако уже с 1958 г. ему была поручена разработка оборудования для проведения процессов экстракции и ионного обмена, емкостного оборудования различного назначения, герметичных химических реакторов и др. Научным руководителем работ по созданию ядерно-безопасного оборудования для различных производств отрасли и начальником отдела с 1958 по 1990 г. был А.Н. Левишев, который пришел в институт из Московского НИИХИММАШ в 1955 г.

Одним из важнейших тематических направлений научной деятельности отдела стало создание специальных центрифуг. Вначале для разделения суспензии оксалата была разработана опытная установка аффинажа с использованием вертикальной центрифуги периодического действия. На последующих этапах совместно с ИФХ АН СССР был проведен большой объем исследований и опытно-конструкторских работ по созданию агрегатированных центробежных машин типа ЦРН (центрифуга-реактор-насос), ЦРНТ (центрифуга-реактор-насос с тарельчатой вставкой), ЦПВ (центрифуга с полым валом). В центрифугах типа ЦРН и ЦРНТ имелась возможность отделять твердую фазу от маточного раствора, производить промывку и репульпацию осадка и передавать его на дальнейшую переработку. Центрифуга ЦПВ позволяла проводить отделение твердой фазы от маточного раствора и сушить осадок непосредственно в роторе машины.

В 1965—1968 гг. были разработаны опытные машины ЦРП-230-80 (центрифуга-реактор-питатель), ЦРПТ-300-80 (центрифуга-реактор-питатель, тарельчатая), ЦСО-200 (центрифуга для получения сухого осадка). После исследований и доводки опытных машин были изготовлены 30 центрифуг для сооружения 61Б, которое в 1970 г. было пущено в эксплуатацию. Все основные технологические установки химического отделения оснащены машинами этих типов.

В 1977 г. пущены в эксплуатацию отделения 11-17 сооружения 5101, которые также оснащены центрифугами типа ЦРПТ и ЦСО. Описанные машины имеют ограничения по нагрузке, определяемые свойствами перерабатываемых продуктов. Поэтому был разработан и внедрен ряд ядерно-безопасных центрифуг,

выполненных из нержавеющей стали и титановых сплавов.

Успешное внедрение в отрасли и на других предприятиях различных типов центробежных машин (центрифуг, сепараторов, распылителей), обеспечение на практике их ресурса и расчетных характеристик свидетельствуют о том, что в институте создана научная школа экспериментально-теоретических исследований динамики центробежного оборудования, которую возглавил доктор техн. наук Б.Р. Борисов, ставший с 1991 г. директором Свердловского НИИХИММАШ.



Директор института
доктор техн. наук
Б.Р. Борисов

Для завода РТ-1 отделом проведена модернизация экстракционной аппаратуры: внедрены экстракторы типа «Краб», фильтры типа «Капелла», усовершенствовано оборудование для получения конечного продукта. За эти работы сотрудники института А.М. Нудель, И.М. Балакин и В.Т. Ильиных в 1990 гг. были удостоены Государственной премии СССР. Разработаны и внедрены ионнообменные фильтры для очистки теплоносителя первого контура АЭС. За участие в успешном внедрении таких фильтров на Белоярской АЭС начальник лаборатории П.Ф. Нешков также был удостоен Государственной премии (1989 г.).

Образование отдела по разработке радиационно-защитной техники связано с поступлением первых заказов Министерства на создание цепочек боксов и «горячих» камер. В 1957 г. было организовано конструкторское бюро (КБ-1), которое в связи с увеличением объема работ было преобразовано в отдел. Начальником отдела был назначен бывший фронтвик В.И. Безбоков, который проработал в этой должности до 1989 г. На базе этого отдела в 1959 г. был образован новый отдел, который начал разрабатывать рабочие чертежи оборудования по техническим проектам институтов Ленгипрострой и Московской проектной конторы (ГСГИ-11 и ГСПИ-12). Было

разработано оборудование цепочек «горячих» камер для НИИАР, лабораторий зданий 802 и 84, лабораторное оборудование для Ливийского ядерного комплекса «Тажура» и др. В 1959—1960 г. разработан большой комплекс химико-металлургического оборудования зданий 901 и 903 для Томского химкомбината. В 1961 году была начата разработка сложного комплекса оборудования цеха 1Б. Научный руководитель этой разработки директор института А.П.Шабашов после успешного пуска цеха был в числе других в 1976 г. удостоен Государственной премии.

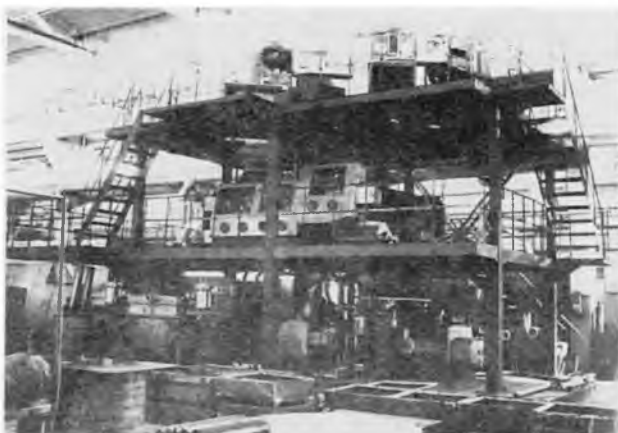
Отдельным направлением в деятельности отдела стало создание специального герметичного оборудования с использованием магнитных систем. Канд. техн. наук Е.А. Николаевым были проведены глубокие теоретические исследования и разработаны методики расчета, позволившие создать ряд магнитных транспортеров для передачи спецматериалов и продуктов между герметичными камерами и боксами, герметичные приводы с использованием магнитных муфт для центробежных насосов, вентиляторов, различных перемешивающих устройств и других машин. Е.А. Николаев был назначен Министром Главным конструктором отрасли по магнитным системам. В 1991 г. под научным руководством докт. техн. наук Г.П. Попова начаты работы по созданию технических средств для переработки оборудования снимаемых с эксплуатации атомных станций с целью утилизации и возвращения в хозяйственный оборот остродефицитных конструкционных материалов.

Одно из конструкторских бюро отдела, занимавшееся разработкой оборудования установок и технологических линий для производства нуклидов, в 1960 г. выделилось в самостоятельное подразделение. Первой значительной работой его явилось курирование монтажа камер, транспортеров и технологического оборудования для производства цезиевых источников. В 1961 г. бюро получило статус отдела, в задачи которого входила наряду с другими разработками оборудования для термических методов отверждения жидких радиоактивных отходов и газофторидных методов регенерации отработавшего ядерного горючего: установки «ГФ-1», «2-ГФ», позднее «ФРЕГАТ» и проект комплекса оборудования для франко-советского завода производительностью до 70 т/год.

Эти работы носили, как правило, поисковый характер и требовали большого объема исследований. Работы велись совместно с НИИ-9, НИИ-10, ИФХ АН СССР, НИИАР и другими научными учреждениями. Создавались уникальные опытные и опытно-промышленные установки, на которых проводились испытания как на собственных стендах-имитаторах, так и на действующих производствах и стендах отраслевых институтов на реальных продуктах в Москве, Томске, Верх-Нейвинске, Димитровграде и других городах.

Для промышленного и опытно-промышленного внедрения были созданы установки переработки радиоактивных отходов методами цементирования, битумирования — «БО-75», остекловывания — «КС-КТ-100», «Вулкан», «Торос», печь «ЭП-100» и др. С 1961 по 1966 г. отделом руководил Г.И. Чечетин, затем до 1977 г. В.В. Долгов. После него начальником отдела был назначен канд. хим. наук В.А. Чemezov, который проработал в этой должности почти 20 лет. За эти годы существенный вклад был внесен отделом в разработку установок высокотемпературной денитрации уранилнитрата «ВДУ-75» и «ВДУ-300», оборудования для электрохимического производства гранулированного ядерного топлива и его регенерации, защитных камер установки «Орел», средств дистанционного обслуживания и механизации технологических процессов для НИИАР, оборудования для приготовления ядерного топлива и таблеток для здания 600 (г. Усть-Каменогорск) и здания 300 (г. Озерск), электролизеров для производства кальция, циркония, плутония, лития, стабилизации валентных форм тяжелых атомов, герметичных систем пневмотранспортирования радиоактивных порошков и гранулированных материалов, реакторов для нанесения покрытий на микротвэл и др.

Для создания оборудования по производству источников ионизирующих излучений и тепловых блоков радиоизотопных генераторов тока, а также по производству твэлов и ТВС на базе конструкторского бюро, выделившегося из отдела оборудования высокотемпературных гетерогенных процессов, в 1965 г. был сформирован самостоятельный отдел. Позднее этот отдел стал выполнять работы по созданию линий для производства таблеток, твэлов и ТВС, оборудования для переработки порошковых материалов, созданию различных типов подъемно-транс-



Агрегат приготовления пресс-порошка
на сборочном стенде

портных систем, спецавтомобилей, прессования и компактирования промышленных отходов и др. Были разработаны спецавтомобили для транспортировки радиоактивных отходов, которые были внедрены на Курской и Чернобыльской АЭС. Созданы три разновидности автомобилей для транспортировки высокоактивных отходов в контейнерах. Для удаления твердых отходов на Ленинградской АЭС (битумной массы) был спроектирован битумовоз грузоподъемностью 20 т. Кроме них были созданы спецавтомобили для транспортировки ТВС от железнодорожной станции к реакторам АЭС для Курской и Чернобыльской АЭС и к зданию установки «Орел» в Димитровграде.

Разработаны магнитные транспортеры и транспортеры для удаления хвостовиков на основе линейных двигателей, внутрикамерные дистанционно управляемые мостовые краны, система пневмопочты для герметичной транспортировки отобранных из технологического оборудования проб.

В 1973 г. на базе лабораторий и конструкторских групп отделов теплотехнической аппаратуры и высокотемпературных гетерогенных процессов был сформирован отдел разработки оборудования для переработки отходов АЭС. Одним из инициаторов создания отдела и первым его начальником (до 1977 г.) был канд. техн. наук В.В. Долгов. За отделом были закреплены следующие главные научные направления: разработка оборудования для битумирования, цементирования и остекловывания жидких радиоактивных отходов; разработка

оборудования для сжигания радиоактивных отходов и очистки газов.

В настоящее время ряд разработок отдела успешно внедрен в производство. Системы спецводоочисток, установки сжигания водорода, разработанные отделом, используются на всех отечественных и зарубежных атомных станциях, сооруженных при техническом содействии СССР, в том числе на одной из лучших в мире по экологическим показателям и коэффициенту использования установленной мощности станции «Ловииса» в Финляндии.

Внедрены в эксплуатацию установки битумирования на Ленспецкомбинате «Радон» (г. Сосновый Бор, 1978 г.), Ленинградской (1984 и 1985 гг.), Игналинской (1987 г.), Калининской (1989 г.), Ровенской (1994 г.) и Балаковской (1995 г.) АЭС, позволившие значительно снизить количество хранящихся жидких радиоактивных отходов. Успешно эксплуатируются установки сжигания отходов в Сосновом Бору, Обнинске, на Белоярской и Запорожской АЭС, ректификационные установки для очистки «тяжелой» воды, различные газоочистные установки. Разработан ряд установок цементирования твердых и жидких отходов низкого уровня активности различного назначения. Две из них изготовлены и смонтированы в ядерных центрах Египта и Ливии.

Одной из самых сложных задач явилось создание надежно действующего оборудования для остекловывания высокоактивных растворов. В течение продолжительного времени проводились исследования различных технологических схем, конструкций аппаратов и их отдельных узлов, коррозионно-стойких материалов. В результате этих работ были созданы электропечи ЭП-500 для опытно-промышленного цеха химкомбината «Маяк». Научный руководитель работ — начальник отдела канд. техн. наук С.Н. Филиппов. Первая печь была пущена в 1987 г., проработала около года и была остановлена по причине разгерметизации электродных блоков. На ней было переработано около 1000 м³ высокоактивных растворов и заключено в стекло примерно 4 млн. Ки активности. После устранения выявленных недостатков и реконструкции ряда узлов в 1991 г. была запущена в работу вторая печь. Она превзошла расчетный ресурс работы и показала хорошие эксплуатационные качества. Решением отраслевой комиссии срок ее рабо-

ты был продлен, и на ней было переработано около 10000 м³ и заключено в стекло свыше 260 млн. Ки активности. Это дает основание рассчитывать, что к 2000 г. такие отходы будут переработаны полностью.

Создание надежного оборудования для радиохимических процессов, обеспечивающего заданный ресурс работы, немыслимо без проведения коррозионных исследований, выбора наиболее стойких в технологических (зачастую высоко агрессивных) средах конструкционных материалов и выдачи рекомендаций по технологическим режимам эксплуатации аппаратов, контроля качества используемых материалов и сварных соединений на межкристаллитную коррозию. Решением этих проблем занимается отдел коррозионных исследований и защитных покрытий, созданный в 1957 г.

Кроме исследований коррозионной стойкости конструкционных материалов отдел занимается химико-аналитическими изысканиями, осваивает новейшие методы химического анализа, обеспечивает входной контроль поступающих в производство металлов, контроль состава гальванических ванн в опытном производстве, содержания вредных веществ в рабочих помещениях предприятия и сточных водах.

Физико-химические исследования, проводимые в отделе, позволили достичь оптимальных режимов работы на многих типах выпарного оборудования. На основе этих работ в институте был создан эффективный пеногаситель, который успешно внедрен на Белоярской (1965 г.) и Ленинградской (1978 г.) АЭС, на предприятии «Индибирзолото». Исследования водно-химического режима упарки различных сточных вод и разработка соответствующих рекомендаций позволили добиться значительных успехов в разработке способов сокращения вредных сбросов в окружающую среду. Внедрены технологические схемы термической переработки сточных вод на Верх-Исетском металлургическом (1974 г.) и Синарском трубном (1977 г.) заводах, переработки стоков и получения подпиточной воды с использованием антинакипинов для котлов Тобольской, Ново-Кузнецкой, Ферганской, Южно-Сахалинской и Синарской ТЭЦ.

Разработаны системы протекторной защиты теплообменных труб из медных сплавов и новые сплавы, стойкие в азотнокислых и фторсодержащих средах радиохимических произ-

водств. Для разработки комплексных проектов, включающих в себя электрическую часть и системы управления и контроля, в 1958 г. был создан отдел автоматизации производственных процессов и метрологического обеспечения научно-исследовательских работ и опытного производства. Руководителем отдела был назначен Е.Б. Табачник, который проработал в этой должности до 1986 г. Под его руководством и при непосредственном участии разработан и внедрен ряд сложных систем автоматизации целой серии выпарных и кристаллизационных установок для предприятий отрасли, химической и химико-металлургической промышленности, автоматизации процессов, осуществляемых в центробежных экстракторах, сепараторах и центрифугах, в аппаратах погружного горения, автоматизации технологических линий по производству топлива, твэлов и ТВС, оборудования по регенерации отработанного ядерного топлива, оборудования по переработке радиоактивных и промышленных отходов, внутрикамерного грузоподъемного и транспортного оборудования и многое другое.

В отделе также создано около 30 уникальных приборов и нестандартизованных средств измерения, используемых на предприятиях отрасли и других отраслей. В их числе ядерно-магнитный расходомер, кондуктометры различных типов для измерения удельной электропроводности растворов, анализаторы жидкости АК-1 и АК-2, анализатор кислорода «Агат», вибрационный плотномер, сигнализаторы протока жидкости, гамма-индикаторы уровня и др. Эти приборы институт имеет возможность изготавливать и поставлять малыми партиями. С 1986 г. метрологическая служба выделилась как самостоятельный отдел, в функции которого входит поверка и ремонт средств измерения, монтаж, наладка и обслуживание КИПиА, а также разработка, изготовление и метрологическая аттестация нестандартизованных средств измерений и контроля. В числе последних внедренных разработок отдела — приборы коррозионного контроля оборудования («КОРТ»), дозаторы сыпучих материалов и жидкостей для комбината «Маяк» и др.

Важным условием повышения технического уровня и качества разработок является их максимальная унификация и стандартизация как непосредственно в институте, так и в масшта-

бах отрасли и страны в целом. В этих целях с первых дней существования института была создана специальная служба, которая в 1965 г. была преобразована в отдел стандартизации, в задачу которого входило обеспечение проводимых НИОКР и опытного производства необходимой нормативно-технической документацией, разработка новых стандартов и обеспечение контроля за их соблюдением.

В 1970 г. приказом Министра отдел был определен базовой организацией по стандартизации (БОС-5) по следующим направлениям: оборудование для процессов химической и химико-металлургической технологии; оборудование для изготовления твэлов и источников; узлы и детали общемашиностроительного применения; оборудование для опреснения морских и солоноватых вод. Кроме того, на БОС-5 были возложены обязанности базовой организации по метрологии и внедрению на предприятиях 7-го Главного управления Единой системы технологической подготовки производства и Комплексной системы управления качеством продукции. Начиная с 1976 г. разработано и внедрено около 20 государственных, 150 отраслевых и подотраслевых стандартов, свыше 170 стандартов предприятия.

В 1968 г. в институте была создана вычислительная лаборатория. За относительно короткое время в лабораторию было принято более 50 молодых специалистов и был образован отдел. Начиная с 1990 г. институт стал интенсивно пополняться персональными компьютерами, что привело к менее интенсивному использованию ЭВМ серии ЕС. В 1992 г. была проведена реорганизация отдела, сокращена его численность. На базе отдела образован вычислительный центр и отдельная лаборатория. Центр обеспечивает техническое и системное обслуживание собственной вычислительной техники, опытного производства и персональных ЭВМ отделов, лаборатория проводит сложные расчеты на надежность и прочность по тематикам отделов, в том числе по нормам Госатомнадзора.

Институт в настоящее время располагает всем необходимым для проведения поисковых исследований и создания научного задела по основным тематическим направлениям, испытания и доводки до расчетных параметров головных образцов разрабатываемой техники, а в отдельных случаях — полномасштабных ис-

пытаний создаваемого оборудования. А началось все это на небольших стендах в непригодных помещениях, арендуемых у завода Уралхиммаш. Сдача в 1963 г. в эксплуатацию здания № 3 позволила организовать стендовую лабораторию, а затем на ее базе — отдел экспериментальных установок. В 1970 г. с завершением строительства здания № 12 отдел получил дополнительные площади, что позволило обеспечить ими практически все научно-исследовательские подразделения института.

Экспонаты лучших разработок института представлялись на ВДНХ СССР, Отраслевой постоянно действующей выставке, Лейпцигской ярмарке, межотраслевой выставке «Сетунь», международных выставках «НУКТЕК», «NUKLEX» и др. Лучшие из них отмечены дипломами и престижными премиями. Ряд сотрудников института имеет по несколько медалей ВДНХ СССР самого высокого достоинства. В.И. Лавраш награжден пятью золотыми и одной серебряной медалями, В.И. Давыдов двумя золотыми, С.Н. Филиппов, В.Б. Чернозубов и Е.А. Бабенко золотой, серебряной и бронзовой медалями. Двое сотрудников — слесарь механосборочных работ Г.М. Кондрашов и начальник конструкторской группы В.С. Весновский — были награждены натуральными премиями — автомобилями «Москвич».

Для обеспечения выполнения НИОКР на должном научно-техническом уровне институт располагает богатейшим справочно-информационным и патентным фондами. Последний насчитывает свыше двух миллионов рефератов патентов ведущих стран мира. Во всесоюзных и отраслевых смотрах-конкурсах по постановке информационной и патентнолицензионной работы институт неоднократно занимал призовые места.

Специалистами института опубликовано в отечественной и зарубежной периодической печати свыше 650 статей, наибольшее количество из них в журналах: «Химическая промышленность», «Химическое и нефтяное машиностроение», «Атомная энергия», «Технический прогресс в атомной промышленности», «Desalination» и др. Издано несколько монографий: Л.Н. Матусевич «Кристаллизация из растворов в химической промышленности» (1968 г.), В.А. Чемезов и др. «Иониты в цветной металлургии» (1975 г.), В.И. Давыдов и др. «Термические процессы и аппараты для полу-

чения окислов и радиоактивных материалов» (1977 г.) и др. Начиная с 1960 г. издается сборник трудов института, к настоящему времени их вышло 65.

С целью доведения до общественности через средства массовой информации достоверных сведений о развитии ядерной науки и техники, а также для выявления отношения населения к использованию ядерной энергии и координации деятельности предприятий ядерного топливного цикла в формировании объективного мнения по этой проблеме на базе института в 1989 г. был создан и функционирует Урало-Сибирский Региональный центр общественной информации по ядерной энергии. За это время под методическим руководством Центра общественной информации при Управлении информации и связи с общественностью Минатома России были проведены опросы общественного мнения среди населения Свердловской, Челябинской и Курганской областей. Была организована тематическая выставка «Атомная энергетика: За и Против», которая в течение 1993—1994 гг. демонстрировалась в Екатеринбурге, Асбесте и Каменске-Уральском. В средствах массовой информации и периодической печати были опубликованы статьи и сообщения. В дни пятидесятилетия отрасли были организованы телевизионные репортажи и интервью с учеными и руководителями предприятий отрасли. С 1994 г. институт является коллективным членом Международного общественного объединения «Ядерное общество». Руководит отделом научно-технической информации и Региональным центром общественной информации по ядерной энергии М.М. Ардуанов.

В период становления института, в 1960 г., в его структуре было создано опытно-экспериментальное производство по типу малого машиностроительного завода. Первоначально оно состояло из небольшой мастерской, расположенной в одном из цехов Уралхиммашзавода и имевшей в своем распоряжении несколько металлорежущих станков и сварочный пост. Численность рабочих не превышала 20 человек. На этом же участке велись испытания первых опытных аппаратов и машин. С вводом в 1961 г. в эксплуатацию здания складского хозяйства в нем временно были смонтированы восемь новых токарно-винторезных станков модели 1К62 и два фрезерных станка, что значительно рас-

ширило возможности опытного производства. Здесь же был организован небольшой слесарно-сборочный участок. Постепенно увеличивалась численность персонала, формировались структурные подразделения.

Решающим этапом в развитии опытного производства был ввод в эксплуатацию механического (1961 г.) и котельно-сварочного (1962 г.) цехов, оснащенных современным станочным парком и сварочным оборудованием. Из года в год расширялась номенклатура выпускаемых изделий, были освоены новые технологические процессы, скомплектованы и подготовлены необходимые кадры. Институт получил возможность выполнять НИОКР от технического задания до головного образца. В настоящее время могут быть изготовлены изделия практически любой сложности из самых различных металлов и сплавов: титана, молибдена, никеля, нержавеющей стали и др., в том числе подведомственных Госатомнадзору, Госгортехнадзору, КПИ.

Качество изготавливаемого оборудования обеспечивается самыми совершенными приборами контроля. Лаборатория опытного производства оснащена средствами для проведения рентгеноскопии, ультразвуковой и цветной дефектоскопии, динамической балансировки, вакуумным и другими видами контроля и испытаний.

Возможность конструкторов участвовать в процессе изготовления и доводки узлов оборудования позволила добиваться необходимого уровня совершенства разработок и успешного их внедрения в производство. За последние годы по чертежам института изготовлены и отправлены заказчикам дуговая вакуумная гарнисажная печь, плазменный реактор, восьми-секционная вакуумная протяжная печь, камера вакуумной лазерной резки изделий, сепараторы и центрифуги различных типов из нержавеющей стали и титановых сплавов, робот-манипулятор, агрегат наклонного снаряжения, агрегат шихты, установка опреснительная и многое другое оборудование. Изготовление печей СОТ-1 позволило отказаться от приобретения их в США за валюту.

В цехах трудится немало высококвалифицированных кадровых рабочих. Многие из них без отрыва от производства окончили вузы и техникумы и занимают сейчас руководящие должности на производстве. Термист В.М. Во-

лодин после окончания института более 20 лет руководит механическим цехом, сварщик А.А. Лукьяненок — более 18 лет котельно-сварочным, слесарь-сборщик Г.Г. Голиков — инструментальным участком. 12 рабочих были удостоены звания лучших по Министерству по своей профессии, более 60 награждены высокими правительственными наградами. Орденами Трудового Красного Знамени и «Знак Почета» награжден слесарь механо-сборочных работ П.Е. Чечихин, Октябрьской Революции — токарь М.В. Меркурьев, Трудового Красного Знамени — токари Ю.А. Барышников и Ю.Н. Савин, фрезеровщик В.М. Бортников, электросварщик В.А. Долгих, газорезчики А.Б. Жигадло и А.Г. Устинов, котельщик Д.М. Мавлутов. Токарь С.А. Оберюхтин награжден Орденами Трудовой Славы II и III степени.

В 1973 г. в связи с большим объемом заказов предприятий отрасли на разработку и изготовление нестандартизованного оборудования руководством Министерства было принято решение создать отделы-филиалы в городах Таллине и Рыбинске. Предполагалось, что эти отделы будут разрабатывать техническую документацию с учетом технологических возможностей машиностроительной базы соответствующих заводов. Из-за значительной удаленности и сложности осуществления постоянной оперативной связи и некоторых организационных трудностей Таллинский филиал в 1977 г. был упразднен. Филиал в Рыбинске начал свою работу в 1974 г. Начальником его был назначен Ю.К. Орда, работавший до этого заместителем главного конструктора Волжского машиностроительного завода. С целью лучшего использования научно-технического потенциала института и ускорения внедрения результатов НИОКР в 1977 г. были образованы отделы-филиалы на Новосибирском заводе химконцентратов и Ульбинском металлургическом заводе (Усть-Каменогорск) Минатома, во главе которых были поставлены руководители, сформировавшиеся как специалисты непосредственно в СвердНИИХИММАШ. Новосибирский филиал возглавил А.В. Эунап, Усть-Каменогорский А.Ф. Комиссаров. Оба были до этого начальниками лабораторий. В дальнейшем эти филиалы после набора объема работ и необходимого количества сотрудников выделились в самостоятельные предприятия.

На сегодня институт имеет свои филиалы в Рыбинске и Нижней Туре, которые специализируются в основном на разработке технической документации для изготовления оборудования на Волжском и Нижне-Туринском машиностроительных заводах. Филиал в Рыбинске, кроме того, занимается разработкой арматуры для молочных заводов. Руководитель филиала Ю.К. Орда приказом Министра назначен главным конструктором отрасли по молочной арматуре.

С первых дней образования института проблема кадров имела важное значение. Вначале институт не имел возможности готовить их собственными силами и проводил отбор и привлечение рабочих и специалистов нужной квалификации. Позднее была организована система технического обучения, подготовки и тарификации рабочих, аттестации инженерно-технических работников. Для повышения квалификации сотрудников проводились также научные семинары с привлечением ведущих специалистов отрасли, известных ученых. Так, заместитель начальника НТУ профессор Н.М. Синев выступал с сообщением по проблеме создания замкнутого ядерного топливного цикла, начальник отдела ВНИИХТ профессор Н.П. Галкин — по фторидным методам регенерации ядерного горючего, зав. кафедрой теплотехники УПИ профессор Н.И. Сыромятников — об интенсификации технологических процессов в аппаратах с псевдооживленным слоем и др. Неоднократно на базе института проводились отраслевые и межотраслевые научно-технические конференции, семинары и совещания с привлечением ведущих специалистов института по радиохимии, разработке оборудования для ядерно-энергетического комплекса, опреснению, коррозии, метрологии, стандартизации, научно-технической информации, охране окружающей среды и др.

Из числа сотрудников, пришедших в институт молодыми специалистами, добившихся научных успехов и проявивших организаторские способности, на сегодня сформировался новый руководящий состав института. Это директор — Б.Р. Борисов, его заместители В.И. Лавраш, В.Н. Дмитриев, А.П. Хомяков, С.Г. Сошин, начальники отделов Н.К. Токманцев, Б.П. Шевелин, Г.Д. Янкин, Е.Г. Решетников, С.К. Глинберг, С.Н. Филиппов, Ф.С. Быльченко, А.В. Обухов, многие начальники лабо-

раторий и КБ, ученый секретарь Л.Н. Сухо-росов, работавший ранее начальником отдела, заместителем директора по научной работе.

С целью формирования научно-технической политики и стратегии деятельности института, прогнозирования перспектив его развития, объективного анализа и оценки закладываемых в проекты инженерно-технических решений и технико-экономических обоснований, а также аттестации научных кадров в начале 50-х годов был образован научно-технический совет института (НТС). Первым освобожденным ученым секретарем в 1962 г. был назначен канд. хим. наук К.Г. Потаскуев — один из создателей отдела коррозионных и физико-химических исследований, в прошлом доцент Уральского политехнического института, обладавший большим опытом научно-педагогической работы, хорошо знакомый с требованиями ВАК и системой подготовки специалистов высшей квалификации.

На заседаниях НТС регулярно заслушивались планы проведения перспективных поисковых научно-исследовательских работ, ход проведения экспериментальных исследований и подготовки диссертаций аспирантами и соискателями, выдвижение и утверждение кандидатур на выборные должности, ученые звания, Государственные премии.

В числе наиболее важных и крупных обсуждаемых проблем были такие, как опреснение Каспийской воды с использованием тепла реактора БН-350, состояние и перспективы создания комплексов оборудования для здания 1-Б, неводной технологии регенерации облученного ядерного горючего реакторов типа БН, перспективы и программы научно-технического развития института и др.

С 1963 г. в институте работает аспирантура с очной и заочной формами обучения и формой соискательства. За это время сотрудниками института защищено 126 кандидатских и 5 докторских диссертаций. В настоящее время в институте работают 4 доктора и 74 кандидата наук.

Институт для реализации своих разработок активно ищет партнеров для международного научно-технического сотрудничества. Первые контакты с зарубежными странами были налажены в начале 60-х годов. Директор института Ф.П. Заостровский в составе делегации специалистов СССР побывал в Японии и США с

целью изучения опыта разработки, изготовления и эксплуатации оборудования для химических производств. С такой же целью заместитель директора В.Г. Шаццлло посетил ряд стран Западной Европы. Начальник отдела Г.И. Чететин был командирован в составе группы специалистов Министерства в Англию с целью изучения опыта переработки радиоактивных отходов.

В последующем контакты с зарубежными странами приняли регулярный характер. Специалисты института принимали участие в семинарах, симпозиумах, конгрессах и других мероприятиях международного научно-технического сотрудничества, проводимых во Франции, Японии, Англии, США и других странах. Предметом обсуждения и обмена опытом были вопросы опреснения морской и солоноватых вод, промышленной кристаллизации, переработки облученного ядерного горючего, переработки и подготовки к захоронению радиоактивных отходов, коррозионные исследования и др.

По некоторым проблемам, представляющим взаимный интерес, институт принимал у себя специалистов Франции, США, КНР, Швейцарии, Израиля и других стран.

Институт участвовал в совместных разработках и оказании технического содействия специалистам восточной Германии в разработке уникальных «горячих» камер установки «Орел», в совместных разработках со специалистами Франции оборудования для регенерации облученного ядерного горючего реакторов на быстрых нейтронах, со специалистами Чехословакии по разработке оборудования и арматуры для фторидных процессов регенерации облученного ядерного горючего и др. Специалисты института участвовали во внедрении спецводоочисток на АЭС в Болгарии, Финляндии, ГДР, Чехословакии, Венгрии и Польше, опреснительного комплекса «Аден» в Южном Йемене. Большая группа сотрудников участвовала в сооружении Ливийского ядерного комплекса «Тажура».

Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в качестве научных экспертов привлекались к работе начальник отдела канд.техн.наук Г. Д. Янкин (1989 г.), начальники лабораторий докт. техн. наук В.И. Давыдов (1991 г.), канд. техн. наук Ю.Н. Дулепов и А.Н. Кудряшов (1993 и 1994 гг.).

Следует отметить, что, благодаря постоянной работе по воспитанию кадров, повышению их деловой квалификации и активной деятельности общественных организаций, в институте сформировался высокосоциальный и дееспособный производственный коллектив, способный решать самые сложные задачи. Институт в течение ряда лет был лидером в соревновании предприятий отрасли, инициатором движения «Инженерный опыт и научный потенциал — предприятиям города», оказывал помощь предприятиям города в механизации трудоемких работ, а сельскохозяйственным предприятиям района в совершенствовании сельхозтехники.

Отрасли исполнилось 50 лет. Более 600 сотрудников (включая тех, кто сегодня уже на заслуженном отдыхе) проработали в институте более 25 лет и по праву могут считать себя ее ветеранами. Нет возможности, к сожалению, назвать их всех поименно. Но нельзя не отметить Г.М. Жуланова — лауреата премии Совета министров СССР, О.Г. Молостова — автора более 80 изобретений, Ю.Ф. Ивина — обладателя 14 патентов зарубежных стран, начальников КБ В.Н. Белявского, Ю.А. Анкудинова, Б.В. Маркова, Г.К. Корепанова, начальников лабораторий Г. Д. Косенко, В. М. Костина, Е.А. Брыксина, Е.В. Константинову. Благодаря их труду накопленный интеллектуальный и научно-технический потенциал, а также положительный опыт разработки оборудования для предприятий ядерной промышленности успешно используются и в других отраслях. Так, например, большой опыт борьбы с накипеобразованием и инкрустацией на теплообменных поверхностях выпарных и кристаллизационных аппаратов позволил достичь высоких технико-экономических показателей разрабатываемого оборудования.

Успешно эксплуатируются в промышленности созданные в институте многокорпусные выпарные установки для опреснения соленых вод, получения сложных минеральных удобрений, поваренной соли, переработки различных промышленных стоков, концентрирования электролитической щелочи и многие другие. На оборудовании, созданном в институте, выпускается около 80% сложных фосфорных удобрений, 70% пищевой поваренной соли сорта «Экстра» от общего выпуска странами СНГ. Город Шевченко с населением 160 тысяч

человек живет и работает на воде Каспийского моря, опресненной на дистилляционных установках, созданных в Свердловском НИИХИММАШ.

Создан ряд универсальных полностью автоматизированных красильно-отжимных агрегатов серии «Радуга», которые используются на многих трикотажных фабриках СНГ для отбеливания, крашения, промывки и отжима чулочно-носочных изделий из синтетических нитей, натуральной и смешанной пряжи и их сочетаний.

Шнековые вертикальные и горизонтальные центрифуги, созданные в институте и применяемые в различных отраслях промышленности, стоят в одном ряду с лучшими мировыми образцами.

Институт активно участвует в создании оборудования для перерабатывающих отраслей. Созданы установки для сгущения молока, оснащенные современными аппаратами пленочного типа, выпарная установка для концентрирования молочных продуктов с механической компрессией пара, сушильные установки для получения яичного порошка, альбумина, сухих молочных и других пищевых продуктов. Разрабатываются установки малой производительности для применения в сельскохозяйственных кооперативах и фермерских хозяйствах. Среди них выпарные установки производительностью 100 кг/ч по исходному молоку, сушильная установка производительностью 15 кг/ч по испаренной влаге, охладитель молока для работы молочно-товарных ферм в осенне-зимний период с использованием в качестве хладагента наружного воздуха и др.

Начата разработка оборудования для фармацевтической (производство полупродуктов, а также готовых лекарственных препаратов, производство апирогенной воды), в котором используются технологические процессы тонкой очистки продуктов, порошковая технология и т. п.

География научно-технического сотрудничества и внедрения разработок института, не считая зарубежные связи, охватывает пространство от Билибинской АЭС на востоке до Калининграда на западной границе страны, от Кольской АЭС на севере до г. Мары на юге Туркменистана. Тем не менее появившиеся в последние годы кризисные явления в экономике страны не обошли его мимо.

Падение производства на многих предпри-

иятиях отрасли и страны в целом, связанное с трудностями проводимых экономических реформ, не могли не отразиться негативно на деятельности института. Задержка платежей, недостаток оборотных средств, отсутствие бюджетного финансирования на выполнение инициативных поисковых работ ставят его в сложное положение. Руководство института предпринимает все необходимые меры для выхода из создавшегося положения. Проведена реструктуризация института, разработаны инвестиционные проекты, бизнес-планы по реализации научного задела, направленные на обеспечение загрузки всех подразделений и стабилизации финансового состояния, начата реализация конверсионных программ.

По оценке Минатома сегодня Свердловский научно-исследовательский институт химического машиностроения является крупным интеллектуальным центром ядерного комплекса России, успешно выполняющим функции ведущей организации отрасли по созданию оборудования для радиохимических производств, производства ядерного топлива, метрологии,

стандартизации, опреснению морских и солоноватых вод, защите от коррозии конструкционных материалов, оборудованию по переработке и захоронению радиоактивных отходов, реабилитации радиоактивно загрязненных территорий, созданию оборудования для решения ряда важных экологических проблем.

Техническое оснащение института позволяет выполнять все этапы и стадии жизненного цикла по созданию принципиально новой техники: научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проектирование технологических линий, конструирование нестандартизованного оборудования, промышленных установок, создание датчиков и приборов контроля параметров технологических процессов, а также создание (синтез) систем управления и АСУ ТП.

Институт входит в число важнейших предприятий отрасли, специализация и распределение работ среди которых гарантируют в совокупности обеспечение производства ядерного топлива, твэлов и ТВС, конкурентоспособного на мировом рынке.

Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Оргстройпроект»

Н. Н. Егоров, В. П. Тарасенков

В конце 40-х годов ядерная наука СССР достигла уровня, когда для дальнейшего ее развития потребовалось в сжатые сроки построить целый ряд очень крупных научных и промышленных центров, многие из которых располагались в малонаселенных районах, не имеющих развитых транспортных путей, энергетических ресурсов, строительной базы, на площадках со сложными инженерными, геологическими и гидрогеологическими условиями.

Строительство промышленных объектов требовало перемещения огромных земляных масс, применения значительного количества бетона и железобетона, большого гражданского строительства. Для осуществления этого необходимо было, практически заново создать отраслевую строительную индустрию, наладить выпуск эффективных строительных материалов и конструкций, освоить передовые технологии строительных работ. Для решения этих задач в ноябре 1943 г. в составе Главпромстроя МВД СССР было создано проектное бюро (Москва), организатором и первым руководителем которого был М. А. Горемыкин. Большое участие в организации и становлении проектного бюро принимал Начальник Главпромстроя А. Н. Комаровский.

В своем развитии проектное бюро прошло несколько этапов и в 1987 г. стало Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом «Оргстройпроект», имеющем в своем составе два филиала (однако далее в статье речь пойдет о деятельности только головного института).

Первый этап развития института охватывает период с 1948 по 1954 гг. Начальниками Проектного бюро были И. И. Барашков (1949—1952 гг.) и А. П. Яковлев (1952—1954 гг.), главными инженерами — М. А. Горемыкин (1949—1952 гг.) и К. С. Некрасов (1954—1961 гг.).

При создании Проектное бюро состояло из двух производственных отделов: архитектурно-строительного и отдела специальных работ.

Общая численность сотрудников в 1948 г. составляла 16 человек. В 1951 г. в составе Проектного бюро был создан один из основных отделов — отдел организации производства. Уже в первые годы этим отделом разрабатывались проекты производства работ (ППР) по наиболее крупным объектам Министерства, в том числе по комплексу сооружений Горнохимического рудоуправления (г. Лермонтов), комплексу объектов в Томске, по Первой АЭС в г. Обнинске.

В конце 1954 г. Проектное бюро состояло уже из девяти специализированных производственных отделов, а численность сотрудников достигала 430 чел. В ноябре 1954 г. Проектное бюро преобразуется в Проектно-изыскательский институт «Оргстройпроект» МВД СССР. В этом же году институт получает новое помещение в доме № 14 по ул. Б. Серпуховская. В 1954 г. создается Ангарский филиал института «Оргстройпроект», профиль работы которого аналогичен профилю головного института. Задачи филиала — оперативное обеспечение проектной документациейстроек Сибири.

На первом этапе институт вел проектирование зданий и сооружений подсобных предприятий: бетонных и растворных узлов заводов, полигонов ЖБИ, кирпичных заводов с кольцевыми печами, заводов шлакоблоков, деревообрабатывающих цехов и лесопилок, небольших автохозяйств, ремонтных цехов, складских баз, дорог и т. п. Иногда эти производства объединялись в базы подсобных предприятий. Велось проектирование поселков для различных категорий строителей. Проектируемые объекты были расположены в Подмоскowie, Челябинске, Томске, Свердловске, Глазове, Камышловe, Рыбинске, Мелекессе и других городах России.

Большинство объектов строительной индустрии и подсобных предприятий в этот период проектировалось в деревянных конструкциях пролетами 4,5; 6,0 и 9,0 м при небольшой вы-

соте. Предприятия имели недостаточную механизированность. Для промышленного и гражданского строительства широко использовался щитовой сборный барак типа «КЩ», разработанный Проектным бюро и выпускаемый на деревообрабатывающих предприятиях Министерства.

Второй этап развития института длился с 1955 по 1990 г. В этот период институт возглавляли Г.И. Мельников (1954—1955 г.) и В.А.Червяков (1955—1958 г.), в январе 1958 г. директором института был назначен А.М. Кораблинов, внесший решающий вклад в его развитие и укрепление. Главными инженерами в этот период были К.С. Некрасов (1954—1961 г.) и К.Н. Федоров (1961—1986 г.). В отдельные моменты обязанности главного инженера исполняли И.С. Завалишин и Н.Р. Токарев. В 1985 г. директором института назначен Н.Н. Егоров, а главным инженером В.Н. Леонтьев.

Шли годы, расширялись и усложнялись задачи, росли объемы проектных и научных работ. Специализированных производственных отделов в середине 80-х годов было более 20, а общая численность сотрудников превысила 1300 человек. Функционировало девять административных, хозяйственных и вспомогательных подразделений.

Институт пополнялся кадрами за счет молодых специалистов, в основном выпускниками МИСИ, с которым у института «Оргстройпроект» были тесные контакты. В коллективе продолжали работать ветераны. Сочетание опыта и молодости обеспечивало профессиональный рост молодежи и преемственность кадров. В результате такой кадровой политики подавляющее большинство начальников отделов и главных инженеров проекта выросли в институте из молодых специалистов.

В этот период институт превращается в комплексное, многопрофильное проектное предприятие, выполняющее весь цикл проектных и изыскательских работ от топографии и инженерной геологии до крупных ТЭО.

В конце 50-х годов строительное производство ознаменовалось значительными переменами:

1) отказом от проектирования временных, деревянных сооружений и переходом на широкое применение сборного железобетона, эффективных конструкций и материалов;

2) заменой открытых полигонов по выпуску

строительных конструкций заводами ЖБИ с передовой технологией и автоматикой;

3) внедрением на предприятиях передовых строительных технологий, научной организации труда;

4) значительным ростом оснащенности строек новыми строительными-монтажными кранами, средствами механизации.

Институт вел комплексное проектирование производственных баз различного состава и мощности. Как правило, в их состав включались следующие производства, предприятия и объекты: базы строительной индустрии (производство товарного бетона и раствора, заводы ЖБИ, собственные мастерские, вспомогательные цеха и т. п.), домостроительные комбинаты, базы монтажных организаций различного назначения (мехмонтаж, электромонтаж, сантехмонтаж и др.), автохозяйства, базы механизации, ремонтные предприятия, базы производственно-технологической комплектации.

В составе баз строительной индустрии или как самостоятельные предприятия проектировались заводы по выпуску кирпича, легких заполнителей, дробильно-сортировочные, асфальто-бетонные заводы, деревообрабатывающие предприятия и цеха, многие другие производства.

В рассматриваемый период институтом разработана проектная документация для строительных объектов, расположенных более чем в 60 городах на всех территориях бывшего Союза — от Украины до Камчатки, от Кольского полуострова до Туркмении, в их числе производственные базы в городах Желтые Воды, Пензе, Павлодаре, Серпухове (Протвино), Навои, Дубне, Электростали, Сосновом Бору, Новосибирске.

По проектам института была построена, а затем реконструирована производственная база в Мелекесе, обеспечивающая строительство и развитие научного и промышленного центра, в том числе Научно-исследовательского института атомных реакторов и Димитровградского автоагрегатного завода. Кроме этого производственная база поставляла конструкции и детали в Ульяновск на строительство крупного авиационно-промышленного комплекса.

В конце 50-х годов началась реконструкция производственной базы в Обнинске. По проектам института все деревянные сооружения заменили капитальными. На всех производст-

вах устанавливалось современное оборудование. В результате первого этапа реконструкции база обеспечивала строительные-монтажные работы объемом 16—20 млн. руб. в год (в 1988 г. база обеспечивала строительные-монтажные работы в объеме до 100 млн. руб. в год).

Параллельно с реконструкцией производственной базы по проекту института строится домостроительный комбинат. Передовая технология комбината позволила его первой очереди выпускать в год до 140 тыс. м² общей площади.

В этот же период начинается комплексное освоение природных богатств и строительство города на полуострове Мангышлак. Географическая обособленность района, полное отсутствие энергоресурсов и транспортных путей обусловили специфику проектирования и развития производственной базы.

Этапы проектирования базы и сроки ее строительства были определены планами строительства города и развития промышленного узла.

На первом этапе был запроектирован и построен комплекс сооружений пионерской базы и поселка строителей. На втором этапе (1962—1965 гг.) введены в эксплуатацию производственные мощности основных промышленных комплексов, и в связи с этим заметно увеличился объем строительные-монтажных работ. Третий этап расширения базы связан с постановлением Правительства (1964 г.) «О развитии нефтегазовой промышленности на полуострове Мангышлак».

При создании строительной индустрии институт «Оргстройниипроект» успешно решил вопросы массового применения местных строительных материалов для всех видов промышленного гражданского и дорожного строительства. Институтом в сжатые сроки были изысканы карьеры гравия, песчано-гравийных смесей и ракушечника. После завершения реконструкции база обеспечивала объемы строительные-монтажных работ до 120 млн. руб. в год.

В конце 60-х годов началось строительство комплекса производственной базы для Ленинградской АЭС и города Сосновый Бор.

В семидесятые годы по проекту института «Оргстройниипроект» для Игналинской АЭС была построена одна из наиболее крупных производственных баз, оснащенная современной техникой, с применением передовых тех-

нологических процессов. Большие работы институт выполнял по проектированию реконструкции и модернизации производственных баз в Чертанове и Котлякове в Москве.

Для обеспечения строек Министерства столлярными изделиями, погонажем, сборными домами институтом запроектировано несколько крупных деревообрабатывающих предприятий, в том числе в Соликамске, Глазове, Савелове и других городах.

По проектам института построены заводы санитарно-технических изделий в Степногорске и Воротынске, построены и реконструированы кирпичные заводы в Камышловле, Глазове, Катта-Кургане, Товаркове, Воротынске, Димитровграде и других городах, построено несколько предприятий по распиловке мрамора и гранита, в том числе завод в Искитиме и цех в Верхнейвинске.

Для обеспечения строек, расположенных в Центральном районе России, каменными заполнителями по проектам института был построен дробильно-сортировочный завод в пос. Товарково производительностью 800 тыс. м³ в год щебня и цех известняковой муки для сельскохозяйственного производств. В Сортавале на базе месторождения гранитов «Кирьявалахти» построен завод производительностью 1 млн. м³ щебня в год. Оба месторождения были разведаны геологами института.

Все производственные объекты, проектируемые институтом, обеспечивались проектами подъездных автомобильных и железных дорог с необходимым станционным путевым развитием. По проектам института построены мосты через р. Тура на Урале и через р. Дубна с судходным пролетом 42 м на автодороге «Савелово-Дубна», были построены два путепровода в Калужской области.

Большое место в работе института занимали проекты работ по строительству сложных и уникальных объектов Министерства и других ведомств, расположенных по всей стране: атомные электростанции в Шевченко, Горьком, Игналине, Сосновом Бору; крупнейшие объекты Министерства в Челябинске и Красноярске; машиностроительные заводы на Урале; ускоритель в Протвино, диаметр кольцевого тоннеля которого превышал 470 м; надшахтные здания и сооружения (в том числе копр высотой более 60 м); мемориальный комплекс в Ульяновске; газгольдер, представляю-

ший собой сферу диаметром 12 м, выдерживающую давление 350 атм, размещенную в скальных породах на глубине 150 м (объект исключительной сложности и ответственности, потребовавший большого количества поисковых и экспериментальных работ).

Начало 60-х годов характеризуется бурным ростом оснащенности строек новыми строительными-монтажными кранами, средствами малой механизации, инвентарными монтажными приспособлениями и другими устройствами. Особое значение приобрело внедрение в проекты требований техники безопасности, строгое соблюдение норм и правил строительного производства, оказание практической помощи строителям. В связи с этим институт уделял большое внимание обеспечению технической информацией проектировщиков и строителей. Особенно большую работу по сбору, систематизации, оформлению и изданию информационных сборников проводил и проводит отдел организации производства работ. Институтом выпущены десятки каталогов, сборников, альбомов, рекомендаций, эталонов.

С 1960 по 1988 гг. в институте функционировал информационно-издательский отдел, издававший несколько журналов, в том числе «Вопросы атомной науки и техники», серия «Проектирование и строительство»; «Технологический прогресс в атомной промышленности», серия «Строительство»; «Обмен опытом в строительстве».

В большом объеме институт вел проектирование для гражданского строительства, в том числе поселков и городков для различных категорий рабочих производственных баз и строителей. В 1968 г. была закончена реконструкция спального корпуса в д/о «Ершово», под который использовано здание бывшей усадьбы Олсуфьевых, являющееся памятником архитектуры XIX в. Проект реставрации выполнен на основании архивных документов и документов, полученных из Италии от наследников. В начале 70-х годов по проектам института построены два микрорайона в Соликамске и жилой квартал в Калуге. В Москве построены комплекс скульптурных мастерских и промышленный техникум отрасли, реконструировано здание Центрального института повышения квалификации Министерства. В конце 80-х годов по проектам института в Дубне построены комплекс Высшего военного строи-

тельного училища и пионерский лагерь на 760 мест.

Приказом по Министерству на институт «Оргстройинипроект» была возложена функция головной организации по проектированию баз ОРС. Крупные базы ОРС по проектам института построены в городах Протвино, Дмитровград, Дубна, Навои и др. В 1960 г. институту передается научно-исследовательская лаборатория, которая превращается в Центральную научно-исследовательскую строительную лабораторию (ЦНИСЛ). Она вела научные исследования строительных материалов и конструкций, а также координировала работу всех строительных лабораторий Министерства.

В середине 70-х годов наметился существенный рост объемов и расширение тематики научно-исследовательских работ по профилю Министерства. Институт выполнял научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по исследованию и обоснованию строительства железобетонного напряженно-армированного высокотемпературного реактора (в ЦНИСЛ изготавливали и испытывали его масштабные модели), по теплофизическим исследованиям ограждающих конструкций жилых домов, ядерных установок и промышленных предприятий, по бетонам биологической защиты ядерных установок.

Велась разработка материалов герметизации технологических помещений АЭС, материалов и конструкций упаковочных комплектов для хранения и транспортировки радиоактивных веществ. Проводились другие работы по тематике Министерства.

В январе 1987 г. на базе ЦНИСЛ в институте создается научное подразделение, а спустя несколько месяцев институт преобразовывается в Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Оргстройинипроект». В составе научного подразделения работает более десяти кандидатов наук.

В 1967 г. в институте создается отдел «Научной организации труда и экономики строительства» для внедрения научной организации труда на стройках Министерства, что способствовало сокращению сроков строительства и повышению качества строительного-монтажных работ.

В 1968 г. в Лермонтове был организован второй филиал института, призванный обеспе-

чить проектной документацией стройки юга Европейской части страны и Средней Азии по всему профилю работы института. В начале 70-х годов перед строительной индустрией Министерств встала задача повышения эффективности труда, сокращения материальных затрат и численности работающих.

Для решения этих задач в 1971 г. в институте был создан специализированный отдел «Автоматизации и оказания технической помощи». Оперативно решая вопросы переоснащения производства, отдел успешно справился с поставленными задачами по освоению новой техники.

В середине семидесятых годов на объектах отрасли стали проявляться факторы физического износа основных средств, которые в отдельных случаях приводили к аварийным ситуациям, появлялась необходимость реконструкции некоторых сооружений в связи с совершенствованием технологии. Все это потребовало создания в Министерстве, с учетом специфики его объектов, специализированного подразделения.

Такое подразделение — «Отдел обследования и испытаний строительных конструкций» был создан в 1980 г. в составе института «Оргстройниипроект». Отдел провел обследования более тысячи зданий и сооружений, половину из которых составляли здания и сооружения топливного цикла ядерной энергетики, расположенные по всей территории бывшего СССР (Степногорск, Чита, Навои, Шевченко, Электросталь, Глазов, Красноярск, Таллин, Обнинск и десятки других городов). В своей работе институт использовал передовые методики исследований в области строительства и неразрушающего контроля. Институт проводил высокоточные геофизические работы по наблюдению за усадками уникальных зданий и сооружений, в том числе на Игналинской, Ленинградской, Балаковской АЭС и других объектах.

Институт всегда уделял внимание вопросам охраны природы. В проекты закладывались оборотные системы водоснабжения, повторное использование очищенной воды, сброс только очищенных стоков, минимальное использование водных и земельных ресурсов, озеленение прилегающих территорий. Особенно большое внимание этим вопросам стали уделять во второй половине 80-х годов.

По проекту института на производственной

базе Игналинской АЭС очищенные воды используются для производственных нужд. В Степногорске для производственных нужд автохозяйства также используются очищенные дождевые стоки. Для Савеловского ДОК (ВОЭК) и прилегающих к нему поселков по проекту института построены канализационные очистные сооружения бытовых стоков производительностью 26 тыс. м³ в сут. Сооружения имеют глубокую доочистку, что позволяет сбрасывать очищенную воду без ущерба для природы.

В 1987 г. в институте создана специальная группа охраны атмосферного воздуха, которая совместно с технологами и другими специалистами обеспечивает в проектах нормативные выбросы загрязняющих веществ и согласовывает принятие решения с природоохранными органами. По проектам института построены и функционируют установки по очистке промышленных выбросов на заводе санитарнокерамических изделий в Воротынске, ДСК в Обнинске, заводе керамзитового гравия в Димитровграде и других объектах. В Москве и Обнинске построены станции технической диагностики автомобилей.

Одно из направлений работы института «Оргстройниипроект» — проектирование хвостовых хозяйств для гидрометаллургических заводов отрасли. По проектам института построены: в Днепродзержинске два хвостохранилища овражного типа с плотинами высотой 30 и 57 м и объемом 8 и 22 млн. м³; в Усть-Каменогорске несколько карт наливных хвостохранилищ, выполненных в полувыемки-полунасыпи с дамбами высотой до 17 м и емкостью карт от 1,5 до 5,0 млн. м³; крупные хвостохранилища построены в городах Глазове, Кирово-Чепецке, Новосибирске и других.

Отдаленность строительных площадок от основных транспортных путей, а также ограниченная мощность разведанных месторождений поставили перед Министерством задачу по обеспечению строек собственными строительными материалами. Эта задача была успешно выполнена институтом.

За период с 1955 по 1990 гг., было разведано 88 месторождений песчано-гравийной смеси и строительных песков общим объемом более 575 млн. м³, 47 месторождений строительного камня (470 млн. м³), 5 месторождений облицовочного камня (15 млн. м³). Разведывались месторождения глин для производства

кирпича и керамзитового гравия. В больших объемах велись гидрогеологические изыскания. По всем месторождениям запасы утверждены в установленном порядке. Большинство разведанных запасов обрабатывается.

Начиная с 1973 г. во все проектные отработки карьеров включался раздел рекультивации. Разработаны десятки проектов, охватывающих более 2000 га. Большинство проектов предусматривает повторное использование земель в сельском и лесном хозяйстве. На многих карьерах к концу 70-х — началу 80-х годов работы по рекультивации выполнены в натуре.

В 1986 г. институт был привлечен к работам по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. На площадке побывало более 60 сотрудников, многие из них по несколько раз. Были проведены обследования строительных конструкций IV блока АЭС. Запроектирована и внедрена электронная система контроля за деформациями конструкции. Разработан и внедрен на месте проект производства работ по устройству саркофага. По проектам института построены четыре бетоносмесительных завода непрерывного действия, перевалочная база, несколько временных поселков для гражданских и военных строителей, дорога и другие объекты.

Девиз института «Оргстройиниипроект» — «Высокое качество — в сжатые сроки» снискал ему заслуженную славу в других ведомствах. Заместитель министра обороны А.Н. Комаровский неоднократно обращался в институт с просьбой выполнить работы для его ведомства. Для Министерства обороны были проведены обследования строительных производств и даны предложения по их модернизации. В разное время были выполнены проекты: завода крупнопанельного домостроения с цехом ЖБИ и шунгизита в Североморске, реконструкции и модернизации баз стройиндустрии в Петропавловске-Камчатском, Москве и других городах, уникальный морской причал в условиях Крайнего Севера с амплитудой колебания горизонта воды более 4 м, отдельные объекты строительной индустрии, военные городки, оказана помощь в решении ряда строительных задач при возведении военными строителями шахт специального назначения.

Для аграрного комплекса проектировались дороги, жилье, плотины, цеха известковой муки, овощехранилища.

После землетрясения в Армении в 1988 г.

специалисты института привлекались для проектно-изыскательских работ по восстановлению разрушенных городов и поселков, обследованию уцелевших зданий.

Институт всегда был на передовых позициях научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

За период с 1955 по 1990 гг. было получено 785 авторских свидетельств на изобретения, 99 изобретений внедрено в проекты и производство, 71 сотрудник награжден знаком «Изобретатель СССР», несколько работ были отмечены медалями ВДНХ.

Институт получал дипломы на Всероссийских смотрах за лучшие построенные здания. Среди них — столовая на 760 посадочных мест в доме отдыха «Ершово» в районе Звенигорода, школа-десятилетка и торговый центр в поселке Савеловского ДОК (ВОЭК).

Технический Совет института и патентная группа обеспечивает высокий уровень решений, закладываемых в проекты. Восемь сотрудников института защитили кандидатские диссертации.

Институт постоянно участвовал в оказании шефской помощи труженикам сельского хозяйства Серебряно-Прудского района Московской области. Сотрудники института активно участвовали в освоении целинных и залежных земель, за что в 1980 г. институт был удостоен памятной медали «В ознаменование 25-летия с начала освоения целинных и залежных земель». Институт не только активно участвовал в строительстве объектов Министерства, но и сам активно строился.

В 1972 г. было принято в эксплуатацию новое здание института в Холодильном переулке, и весь коллектив собрался под одной крышей.

Расширились и реконструировались ЦИСЛ в Электростали и буровая комплектовочная база в Климовске Московской области.

В период с 1955 г. по 1990 г. для сотрудников института построено более 55 тыс. м² жилой площади, в том числе в Москве более 25 тыс. м². Жилье строилось в Климовске для работников буровой комплектовочной базы и работников геологических партий, в Электростали для сотрудников научного подразделения, в Игнальне для работников отдела комплексного рабочего проектирования ИАЭС, в Шевченко и других городах для постоянно или

длительно работающих на площадках групп сотрудников.

Создано два садоводческих товарищества для сотрудников института.

Производственные успехи института неоднократно отмечались Министерством, ЦК отраслевого профсоюза и городской администрацией.

В период с 1956 по 1990 гг. 70 сотрудников были удостоены правительственных наград, в том числе трем сотрудникам было присвоено звание «Заслуженный строитель российской федерации». В 1991 г. начался третий период деятельности института, который характеризуется резким сокращением проектных работ ядерной промышленности сокращением инвестиций в строительство, а следовательно и заказов на проектные работы институту.

Институт вынужден был пойти на сокращение штатной численности с 1075 в 1991 г. до 315 человек в 1995 г. Многие отделы были объединены или ликвидированы. К концу 1995 г. количество производственных отделов сократилось до 14. Научное подразделение в 1992 г. и оба филиала в 1993 г. были преобразованы в самостоятельные предприятия отрасли.

В октябре 1995г. институт сменил форму собственности с государственной на акционерную.

Институт, как и вся Россия, переживает трудные времена, тем не менее продолжает работать, выполняет ряд больших и интересных работ: ТЭО БСИ и монтажных организаций для строительства Нововоронежской АЭС; обследование недостроенных цехов комплекса завода РТ-2 в Железногорске, Машиностроительного завода в Электростали и Электрохимического завода в Зеленограде, зданий и сооружений алмазодобывающей промышленности в Якутии; проектирование комплекса сооружений Русской Православной церкви в Навои и воссоздание Храма Троицкой церкви в

с. Ершово Московской области, разрушенного во время Отечественной войны; проектирование строящегося детского комбината на 280 мест в жилом поселке Савеловского ДОКа.

С прекращением бюджетного финансирования геолого-разведочных работ на строительные материалы разведку их месторождений пришлось сократить. Но несмотря на это в 1991—1995 гг. институту удалось разведать 14 месторождений с общими запасами около 25 млн. м³. Особенностью этого периода является разведка двух месторождения нового направления — базальты для производства штапельного волокна, минеральной ваты и каменного литья. Продолжаются работы по инженерной геологии.

В сложных условиях в институте продолжается изобретательская работа. За последние пять лет подано семь заявок на патенты Российской Федерации, на три из них уже получены положительные решения. В 1995 г. создан сектор специальных бетонов — новое направление деятельности института. Институт проводит комплекс научных работ по новым строительным технологиям и конструкциям.

Огромный объем работ выполнен институтом и за каждой работой стоят люди: изыскатели, проектировщики и наладчики, руководители и работники вспомогательных подразделений. Такой объем работ по силам только крепкому, квалифицированному и сплоченному коллективу. Как у всякого предприятия у института были свои трудности и недоработки. Однако коллектив реально оценивая их, делает соответствующие выводы и двигается дальше к новым достижениям.

В настоящее время институт, преодолевая трудности, борется за выживание. Признаки намечающейся стабилизации вселяют надежду на его возрождение в новых условиях.

VIII. СЫРЬЕВАЯ ОТРАСЛЬ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ

В.И. Ветров, В.В. Кротков, В.В. Куниченко

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ

Первым актом, положившим начало созданию урановой сырьевой базы в нашей стране, было решение Государственного Комитета Обороны СССР (ГОКО СССР) от 27 ноября 1942 г. об организации добычи урановой руды на известных к тому времени месторождениях Средней Азии. Первоначально организация этих работ была поручена Наркомату цветной металлургии СССР, а спустя два года постановлением ГОКО от 8 декабря 1944 г. они были переданы в ведение НКВД СССР, где для выполнения этих задач было создано 9-е Управление во главе с А.П. Завенягиным.

Для практической реализации работ по добыче и переработке урановых руд месторождений Средней Азии постановлением ГОКО СССР от 15 мая 1945 г. был образован Комбинат № 6 в Таджикистане — первый отечественный комбинат, создание которого положило начало сырьевой отрасли ядерной промышленности.

Важной вехой в организации управления сырьевой отраслью явилось образование Первого главного управления при Совете Народных Комиссаров СССР (постановление ГОКО от 20 августа 1945 г.). Начальником Первого главного управления (ПГУ) был назначен Б.Л. Ванников, первым заместителем — А.П. Завенягин, заместителем — П.Я. Андропов. Несколько позднее в состав ПГУ вошли В.С. Емельянов — заместитель Наркома металлургической промышленности, Е.П. Славский — заместитель Наркома цветной металлургии, А.Н. Комаровский — начальник Главпромстроя НКВД. Этим решением ГОКО было положено начало организационного оформления ядерной промышленности в самостоятельную отрасль народного хозяйства Советского Союза. Наряду в организацией и развитием ядерной промышленности в целом ПГУ при СНК СССР было поручено создание и расширение сырьевой базы ура-

на. Для выполнения поставленных задач управлению были переданы ряд предприятий из других отраслей промышленности, в том числе Комбинат № 6.

В конце 1945 г. СНК СССР по представлению ПГУ при СНК СССР принял решение об организации в составе Комитета по делам геологии при СНК СССР Первого главного геолого-разведочного управления (ПГГРУ) с целью организации в широкомасштабном объеме геолого-поисковых и разведочных работ для выявления месторождений урана на территории СССР.

Для выполнения этих работ ПГГРУ создало территориальные специализированные геологоразведочные экспедиции, которыми в первые годы становления отрасли были выявлены и переданы в промышленное освоение месторождения Бештау (1950 г.) и Бык (1953 г.), в районе г. Пятигорска Ставропольского края, Первомайское и Желтореченское (1951 г.) в Северном Криворожье Украинской ССР, Туракавакское (1951 г.) в Киргизии, Серное (1952—1955 гг.) в Туркмении, Курдайское (1953 г.) в Южном Казахстане.

Для руководства работами по развитию сырьевой базы урана в составе ПГУ при СНК СССР было создано 1-е Управление во главе с П.Я. Антроповым. В первые годы его существования Управление провело большую работу по строительству, постоянному увеличению объемов добычи и переработки на рудниках и гидрометаллургичес-



П.Я. Антропов,
заместитель начальника
ПГУ при СНК СССР

ких заводах Комбината № 6, а также созданию предприятий по добыче и переработке урановых руд на известных к тому времени месторождениях в Германии, Чехословакии, Болгарии и Польше.

Придавая особое значение необходимости ускоренного развития сырьевой базы урана в Советском Союзе и в странах народной демократии, Совет Министров СССР постановлением от 27 декабря 1949 г. преобразовал 1-е Управление ПГУ в самостоятельное Второе главное управление при Совете Министров СССР с созданием в нем 1-го Управления для руководства развитием отечественной сырьевой базы (начальник Н.Б. Карпов) и Отдела иностранных объектов для выполнения той же задачи в странах народной демократии (начальник В.И. Трофимов).

С этого времени началась широкомасштабная работа по освоению и созданию новых предприятий по добыче и переработке уранового сырья.

В Советском Союзе на базе вновь разведанных месторождений создаются в 1950 г. Рудоправление № 10 на Кавказе, в 1951 г. Комбинат № 9 на Украине, Комбинат № 11 и Рудоправление № 8 в Киргизии.

Увеличиваются объемы добычи и переработки урановых руд на предприятиях Советско-Германского акционерного общества «Висмут» в Германии, «Яхимовские рудники» в Чехословакии, Советско-Болгарского горного общества в Болгарии, «Кузнецкие рудники» в Польше. Начинается добыча урановых руд на предприятии «Кварцит» в Румынии. В СССР в 1953 г. объем добычи урановых руд увеличился по сравнению с 1946 г. более чем в 28 раз, а поставки урановой продукции в СССР из стран народной демократии в 90 раз.

В 1953 г. Второе главное управление при Совете Министров СССР вновь вошло в состав ПГУ при Совете Министров СССР (постановление СМ СССР от 16 марта 1953 г.), которое в 1953 г. было преобразовано в Министерство среднего машиностроения (МСМ СССР).

Для руководства сырьевой отраслью в составе Министерства было создано Главное управление горного оборудования (начальник Н.Б. Карпов), переименованное в 1965 г. в Первое главное управление.

Минсредмаш и Первое главное управление

Н.Б. Карпов,
первый заместитель
руководителя Второго
главного управления при
Совете Министров СССР
в 1949—1953 г.; начальник
Первого главного
управления Минсредмаша
в 1953—1987 гг.



со дня организации осуществляли крупные мероприятия не только по дальнейшему увеличению производственных мощностей действующих предприятий, но и по строительству и вводу предприятий по добыче и переработке урана на базе вновь открытых и разведанных месторождений.

В 1954 г. на базе небольшого месторождения Серное было создано Рудоправление № 15 в Туркмении.

В 1956 г. началось строительство Комбината № 4 в Северном Казахстане на базе месторождений Балкашино, Дергачевское и Ольгинское; в 1958 г. был создан Комбинат № 2 для добычи и переработки руд Учкудукского месторождения в Бухарской обл. Узбекской ССР; в 1959 г. началось строительство Комбината № 1 для добычи и переработки уранофосфорных руд с редкоземельными элементами месторождения Меловое, расположенного на п-ове Мангышлак Казахской ССР.

Строительство этих предприятий было связано с многочисленными трудностями. Все месторождения находились в экономически неосвоенных, безводных районах с тяжелыми климатическими условиями, вдали от железнодорожных и автомобильных магистралей, часто в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях.

Ввод в эксплуатации трех крупных комбинатов позволил существенно расширить отечественную сырьевую базу урана и значительно увеличить его добычу.

Добыча урановых руд, начатая на Комбинатах № 4 в 1959 г., № 2 в 1963 г. и № 1 в 1964 г. уже в 1970 г. достигла 72,5% суммарной добычи по Первому главному управлению Минсредмаша СССР, что обеспечило выход Совет-

ского союза по производству уранового сырья на первое место среди социалистических стран и позволило вплотную приблизиться к США.

В этот же период (1956—1961 гг.) на базе принятых от Министерства цветной металлургии СССР нескольких технически отсталых предприятий для нужд атомной промышленности Минсредмаша СССР были созданы современные с высоким техническим уровнем производства: Забайкальский горно-обогательный комбинат в Читинской обл. по добыче и обогащению литиевых руд и Малышевское рудоуправление в Свердловской обл. по добыче и обогащению бериллиевых руд с попутной добычей изумрудов.

Кроме того, в состав Комбината № 6 в 1965 г. были переданы из Средазсовнархоза предприятия по добыче и обогащению флюоритовых руд.

В 1967 г. добывающие и перерабатывающие комбинаты и самостоятельные рудоуправления были переименованы: Комбинат № 1 в Прикаспийский горно-металлургический комбинат, Комбинат № 2 в Навоийский горно-металлургический комбинат, Комбинат № 3 в Малышевское рудоуправление, Комбинат № 4 в Целинный горно-химический комбинат, Комбинат № 6 в Ленинадский горно-химический комбинат, Комбинат № 9 в Восточный горно-обогательный комбинат, Рудоуправление № 10 в Горно-химическое рудоуправление, Комбинат № 11 в Киргизский горнорудный комбинат, Рудоуправление № 16 в Забайкальский горно-обогательный комбинат.

В период с 1967 по 1975 гг. были достигнуты крупные успехи в открытии и вовлечении в эксплуатацию новых месторождений урана в районе действующих предприятий отрасли, что позволило в короткие сроки значительно увеличить добычу и переработку урана.

На Восточном горно-обогательном комбинате (Украинская ССР) были введены в эксплуатацию подземные рудники на базе Мичуринского (1967 г.) и Ватутинского (1973 г.) месторождений в Кировоградской области; на Навоийском горно-металлургическом комбинате построен и введен в эксплуатацию (1969 г.) рудник № 1 на месторождении Сабырсай, а в 1974 г. карьер № 13 и рудник № 15 на базе южной части месторождения Учкудук; Целинный горно-химический комбинат в 1972 г. ввел в эксплуатацию подземный рудник на базе месторожде-

ний Восток и Звездное, в 1968—1971 гг. построил рудники подземных и открытых работ на базе месторождения Маныбай и на базе уранофосфорных месторождений Тастыколь и Заозерное создал горнодобывающее рудоуправление № 3; Киргизский горнорудный комбинат вел интенсивную эксплуатацию ранее открытых уранолибденовых месторождений Ботабурум. Кызылсай и Джидели в Джамбульской и Джеказганской областях Казахской ССР; на Прикаспийском горно-металлургическом комбинате добыча уранофосфорных руд месторождения Меловое продолжалась на двух карьерах, а в 1973 г. началось строительство карьера на месторождении Токмак.

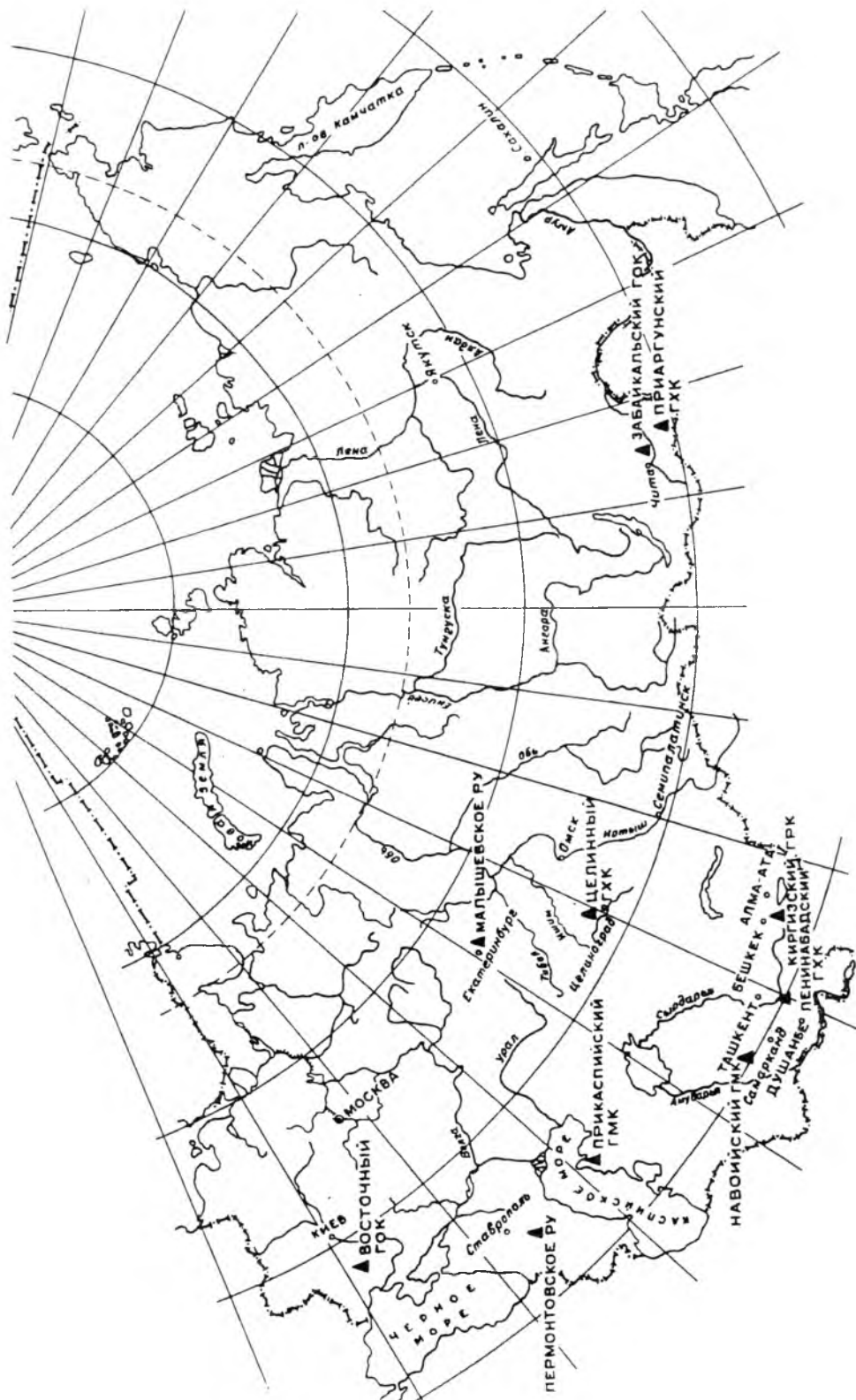
Ленинадский горно-химический комбинат (Таджикская ССР) организовал в этот период крупномасштабную добычу урана способом подземного выщелачивания на месторождениях Северный и Южный Букинай в Центральных Кызылкумах Узбекской ССР.

Наряду со строительством горных предприятий в районах действующих комбинатов особенно крупным событием этого периода было создание Приаргунского горно-химического комбината в Забайкалье (Читинская обл.) на базе разведанных месторождений Стрельцовского рудного поля, строительство которого начатое в 1968 г. велось высокими темпами.

Ввод в действие Приаргунского горно-химического комбината и новых рудников на действующих комбинатах обеспечил увеличение добычи урана в целом по Первому главному управлению в 1976 г. по сравнению с 1967 г. в 2,2 раза и позволил существенно превзойти США по этому показателю.

В этот же период Мингео и Минсредмаш СССР обеспечили прирост разведанных запасов урана для горной отработки, превышающий его добычу в 2,7 раза, что создало условия для устойчивого развития добычи урана в СССР на длительную перспективу.

По мере развития объемов геолого-разведочных работ и добычи урановых руд определенное количество урана оставалось в недрах в так называемых непромышленных рудах, отработка которых традиционным горным способом была экономически нерентабельна. В одних случаях это было обусловлено низким содержанием урана, в связи с чем руды относили к категории забалансовых, в других — сложностью горнотехнических условий.



Расположение сырьевых предприятий ПГУ

Успехи физики, химии, гидрогеологии и других наук позволили в определенных условиях управлять ходом естественных геохимических и гидрогеологических процессов в недрах земли, что дало возможность начать в 1961 г. проведение научно-исследовательских и опытных работ по созданию новых нетрадиционных способов добычи урана.

В 60–70-е годы XX столетия в отрасли был разработан и внедрен новый прогрессивный способ добычи урана химическим растворением его соединений из руд без извлечения последних из недр — подземное выщелачивание (ПВ).

Выполненные в 60-х годах научно-исследовательские работы, полевые опыты, опытно-промышленные работы, а также данные эксплуатации месторождений Девладово, Учкудук, Букинай, Кетменчи, Сабырсай показали большие преимущества этого способа по сравнению с традиционными горными способами при отработке пластовых водородных месторождений. Впервые промышленная добыча урана этим способом была начата в 1965 г. на Девладовском месторождении.

Способ подземного выщелачивания стал особенно интенсивно развиваться после открытия крупных водородных месторождений урана, приуроченных к обводненным пластам песков.

К концу 60-х годов крупная сырьевая база для отработки этим способом была создана в Центральном Кызылкумах на базе месторождений Северный и Южный Букинай, Бешкак, Лявлякан, Учкудук и Кетменчи. В 60-х — начале 70-х годов в Прикаратаусском районе были открыты новые крупные водородные месторождения урана: Кызылколь, Лунное, Чайн, Карамурун и Ирколь. В начале 70-х годов определились перспективы уникальной по запасам урана Чу-Сарысуйской депрессии, где помимо месторождения Уванас, открытого в 1962 г., были выявлены крупные месторождения Жалпак, Канжуган, Мынкудук. На базе этих месторождений Навоийским, Ленинабадским и Киргизским комбинатами были построены и введены в действие горнодобывающие предприятия с технологическими установками по переработке продуктивных растворов.

Одновременно с разработкой и освоением способа подземного выщелачивания урана из водородных месторождений Горно-химичес-

кое рудоуправление и Ленинабадский горно-химический комбинат вели научно-исследовательские, опытные и опытно-промышленные работы по выщелачиванию урана из месторождений «скальных» руд, а также по кучному выщелачиванию (КВ) добытых бедных и забалансовых руд. В промышленных масштабах добыча урана способом ПВ из руд «скальных» месторождений была начата этими предприятиями в 1965 г., а кучным выщелачиванием из Табошарских руд — в 1960 г.

Выполненные научные исследования, полевые опыты, а также данные первоначальной промышленной эксплуатации по подземному и кучному выщелачиванию урана показали большие преимущества перед традиционным горным способом отработки определенной группы месторождений: относительно малая капиталоемкость строительства предприятий, более высокая производительность труда (в 1,5–2 раза), более безопасные условия труда, возможность высокой степени автоматизации управления производством, относительно экологически чистое производство, экономически более дешевое производство, позволяющее вести отработку месторождений, нерентабельных для отработки традиционным горным способом.

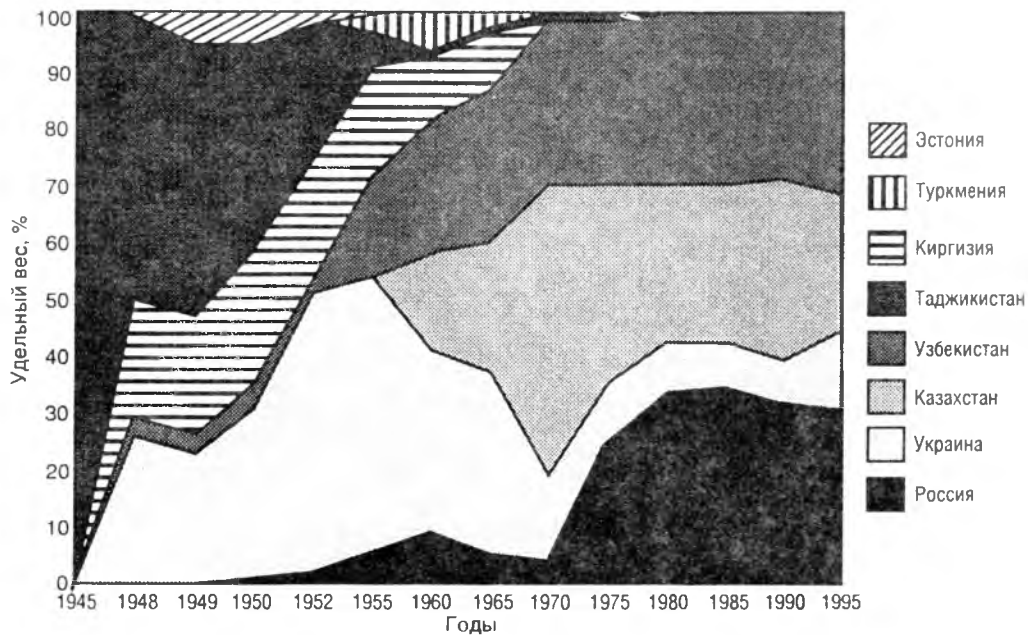
С учетом большой экономической перспективы этого способа добыча урана выщелачиванием уже с 1970 г. приобретает промышленное значение.

Практически на всех комбинатах ПГУ организуется добыча урана этим способом и уже к концу 80-х годов она достигает одной трети добычи урана в СССР.

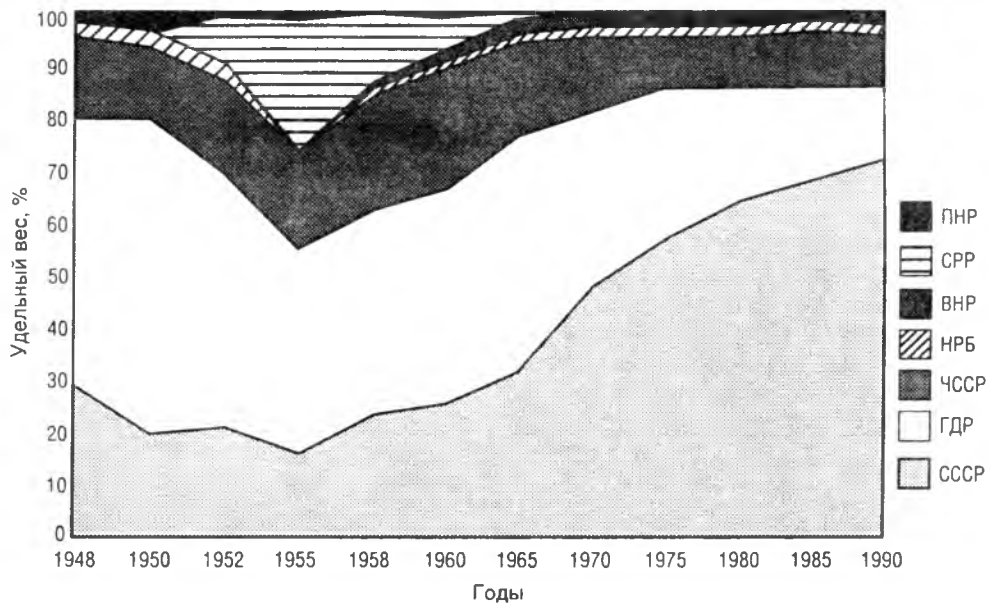
Одновременно с бурным развитием этого способа Минсредмаш решает целый ряд технических вопросов, необходимых для его успешного внедрения.

Создаются производственные мощности по изготовлению полиэтиленовых труб, погружных насосов в антикоррозийном исполнении и других технических средств, разрабатываются и внедряются в производство новые сорбционные колонны (СНК).

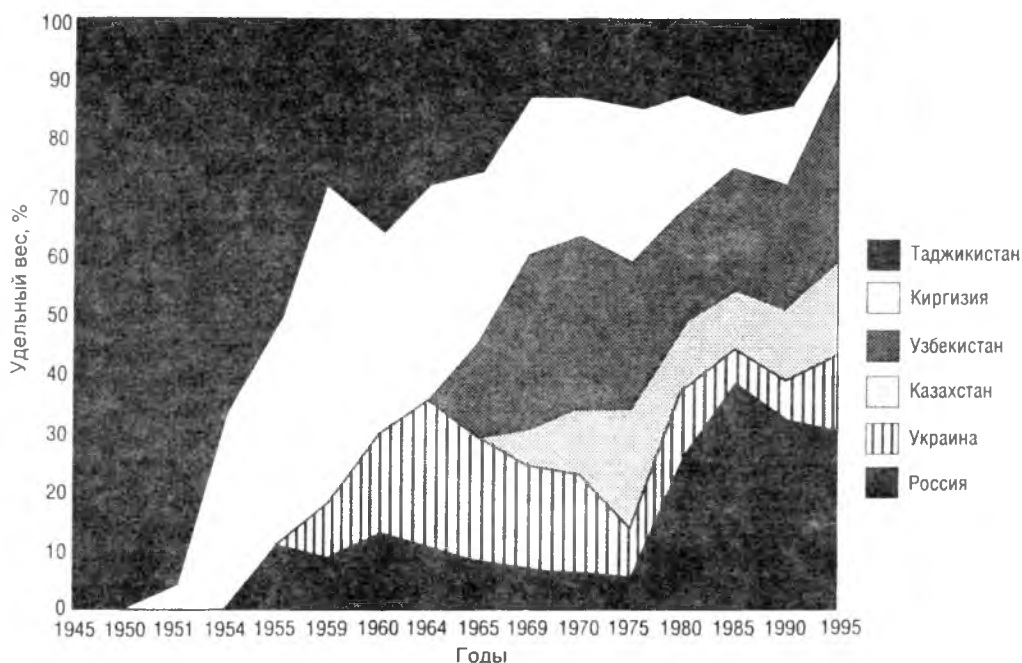
Начиная с 1976 г. и до 1990 г. общая добыча и переработка урана постоянно увеличивалась в основном вследствие наращивания производственных мощностей действующих горнодобывающих и перерабатывающих предприятий ПГУ и ввода в эксплуатацию отдельных



Удельный вес добычи урана республиками в общем объеме по СССР



Удельный вес добычи урана странами Восточной Европы и СССР в общем объеме



Удельный вес производства природного урана в закиси-окиси республиками в общем объеме СССР

рудников на вновь разведанных месторождениях в районах производственной деятельности комбинатов, а также постоянного совершенствования организации труда, технологических процессов и внедрения новой высокопроизводительной техники.

В 1988 г. был достигнут самый высокий уровень добычи и выпуска урана в закиси-окиси за весь период работы предприятий ПГУ.

Кроме уранового сырья в ядерной индустрии широко использовались и используются такие материалы, как литий, бериллий, цирконий, ниобий, плавиковая кислота и др.

Объемы добычи и обогащения литиевых и бериллиевых руд, обеспечиваемые Министерством цветной металлургии СССР до 1956 г., совершенно не удовлетворяли потребности развивающейся атомной промышленности и нужды обороны страны в этом сырье.

В этой связи в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 17.03.56 № 353-225сс из Минцветмета СССР в ведение Минсредмаша СССР были переданы Завитинское литиевое управление в Читинской обл. (с момента передачи переименованное в Рудоуправление № 16), которое добывало и обогащало незначительные объемы литиевых руд, и

Комбинат № 3 в Свердловской области, занимавшийся добычей и обогащением бериллиевых руд также в небольших объемах.

На базе этих предприятий Минсредмаш СССР построил два горно-обогащительных предприятия с объемами добычи и обогащения руд, в несколько раз превышающими фактически достигнутые в 1955 г.

В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 13 августа 1946 г. Минцветметом СССР была организована добыча тория как сырья для ядерной промышленности.

С этой целью, а также для упорядочения разведки моноцитовых месторождений и добычи моноцита и торийсодержащих минералов, в Минцветмете СССР в 1946 г. было организовано 2-е Главное управление, которому были переданы в подчинение научно-исследовательский институт «Гиредмет» с филиалом в Иркутске, проектный институт «Гипроредмет», строительная организация ОСМЧ-525, трест «Союзгеологоразведка», Всесоюзный трест «Союзспецтехснаб», завод горного обогащения им. Котлякова в Ленинграде и несколько горных предприятий.

Для организации более эффективной рабо-

ты наиболее крупные моноцитодобывающие предприятия, такие, как Ново-Троицкое приискское управление (Читинская обл.), Уральское приискское управление (Свердловская обл.) и Рудуправление № 9 (Донецкая обл.) по решению Совета Министров СССР в 1953 г. были переданы из Минцветмета СССР в ведение Минсредмаша СССР, которое постоянно увеличивало объемы добычи и переработки моноцитовых песков на этих предприятиях.

Однако торий не нашел широкого применения в атомной промышленности СССР в качестве источника получения расщепляющихся материалов и в связи с большими запасами ториевого сырья на складах Минсредмаша СССР и отсутствием спроса на него добычу моноцита в СССР прекратили в 1964 г.

В 1958 г. в пустыне Кызылкумов геологами Министерства геологии Узбекской ССР было открыто уникальное по количеству запасов, но с относительно бедным содержанием золота, месторождение золотокварцевой формации — Мурунтау.

В 1964 г. Совет Министров СССР принял постановление, которым Минсредмашу было поручено построить и ввести в эксплуатацию в 1970 г. предприятие по добыче и переработке золотосодержащих руд месторождения Мурунтау производительностью 5 млн. т руды в год.

Строительство предприятия началось в 1965 г. В тяжелых условиях безводной пустыни в исключительно короткий срок были построены карьер и золотоизвлекательный завод, город золотодобытчиков Зарафшан, железная дорога протяженностью 40 км, связывающая город с заводом и карьером, уникальный водовод с реки Амударья протяженностью 220 км и другие объекты. В 1969 г. предприятие было досрочно введено в эксплуатацию, а уже к концу 1970 г. достигло проектной мощности. К 1974 г. была введена в эксплуатацию вторая очередь предприятия по добыче и переработке еще 5 млн. т руды в год.

Введение в 1975 г. третьей очереди довело его производительность до 15 млн. т руды в год.

Реконструкция золотоизвлекательного завода в 1986—1990 гг. позволила увеличить его производственные мощности по переработке руды до 20 млн. т в год.

Очередность проектирования и строительст-

ва золоторудного предприятия Мурунтау обусловлена этапностью проведения геолого-разведочных работ, в процессе которых изменялось представление о масштабах месторождения и его геологических параметрах.

В конце 80-х годов сырьевая отрасль Минсредмаша СССР представляла собой многоотраслевое хозяйство, занимающееся наряду с разведкой, добычей и переработкой урановых руд, добычей и обогащением золотых, литиевых, бериллиевых, флюоритовых и железных руд, добычей и обработкой изумрудов, выпуском золота и серебра высокой чистоты, производством удобрений, редкоземельных элементов и молибдена, серной и азотной кислоты и другой продукции. На всех комбинатах и самостоятельных рудоправлениях были созданы мощные машиностроительные заводы и цеха, позволяющие выпускать современное горное и технологическое оборудование, а также другие виды продукции для нужд отрасли и народного хозяйства.

Успешному решению этих вопросов способствовали прогрессивные принципы и подходы, реализованные в кадровой, производственной и технической политике. Во-первых, была реализована задача комплексного использования добываемых полезных ископаемых и доведения их до конечной продукции. Во-вторых, был воплощен принцип единства науки и производства. В отрасли были созданы крупные научно-исследовательские и проектные институты, а также центральные научно-исследовательские лаборатории на всех предприятиях, что позволило максимально сократить путь от научно-технических идей до их воплощения. В-третьих, создание собственной солидной строительной базы. И, наконец, поскольку предприятия возводились в сложных географо-экономических условиях, в неосвоенных, пустынных районах, вдали от железных дорог, одновременно с ними строили все объекты социальной сферы: жилье, детские сады, пионерские лагеря, профилактории, больницы, что обеспечивало необходимые условия для производительной работы трудовых коллективов.

Труд, знания и опыт многотысячных коллективов геологов, геофизиков, буровиков, горняков, механиков, строителей позволили в сравнительно короткий исторический отрезок времени создать крупную и надежную сырьевую базу атомной промышленности в Совет-

ском Союзе, полностью обеспечивающую нужды ядерной энергетики и обороны страны.

За успешное выполнение специальных заданий правительства, технический прогресс и высокие производственные достижения орденом Ленина награждены Ленинадский горно-химический комбинат, Навоийский горно-металлургический комбинат, Целинный горно-химический комбинат, Приаргунский горно-химический комбинат; орденом Трудового Красного Знамени — Восточный горно-обогатительный комбинат, Прикаспийский горно-металлургический комбинат, Приаргунский горно-химический комбинат; присвоено звание Героя Социалистического Труда директорам комбинатов: Б.Н. Чиркову, З.П. Зарапетяну, Р.А. Григоряну, К.Н. Макову, А.А. Петрову, В.Я. Опланчуку, С.А. Смирнову, Ю.В. Кузнецову, С.С. Покровскому: многие сотни рабочих, служащих, инженерно-технических работников отрасли награждены орденами и медалями.

Решение Правительства о конверсии оборонных отраслей промышленности привело к резкому сокращению потребности страны в урановом сырье в конце 80-х гг.

В этой связи Первым главным научно-технологическим управлением (бывшим ПГУ) совместно с предприятиями и отраслевыми институтами Минсредмаша СССР в 1990 г. была разработана детальная программа по структурному изменению производственной деятельности сырьевой отрасли с максимальным использованием имеющегося технического, научного и кадрового потенциала.

К этому времени сырьевая отрасль Минсредмаша имела в своем составе 28 рудоуправлений с 54 рудниками, 8 гидрометаллургических заводов и 5 обогатительных фабрик.

В соответствии с программой конверсии, начиная с 1990 г., были прекращены все проектно-изыскательские работы и строительство новых предприятий по добыче и переработке урановых руд, ликвидированы или законсервированы несколько урановых рудников Навоийского, Восточного, Целинного, Приаргунского комбинатов, производственного объединения «Алмаз», прекращена переработка урановых руд на гидрометаллургических заводах Ленинадского комбината, производственных объединений «Южнополиметалл» и «Алмаз» (бывшие Киргизский горнорудный комбинат и Горно-химическое рудоуправление).

Согласно разработанной программе высвобождению подлежали в основном работники горной специальности в связи с закрытием и консервацией 14 рудников, 3 карьеров и 10 полигонов подземного выщелачивания.

Для сохранения высококвалифицированных кадров и достигнутого промышленного потенциала отрасль в первую очередь решала вопрос об освоении новых месторождений нетрадиционного для нее сырья в районе деятельности уранодобывающих предприятий Главка, а также о загрузке освобождающихся мощностей гидрометаллургических заводов с выпуском новых видов продукции.

Для каждого предприятия были определены конверсионные направления с учетом местных условий.

Выполнение программ конверсии по созданию новых производств требовало крупных капитальных вложений и научных сил, а также резкого увеличения затрат на консервацию, ликвидацию и рекультивацию предприятий.

ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Академик А.П. Александров отмечал: «Важнейшей составной частью урановой проблемы был ясный, но невероятно трудный план — начать усиленные поиски месторождений урана и организовать его добычу».*

Эта задача была четко определена постановлением Государственного Комитета Обороны от 27 ноября 1942 г. и уже с 1943 г. начались целенаправленные геолого-разведочные работы по выявлению источников уранового сырья для реализации советского атомного проекта.

Необходимо отметить, однако, что и до начала специализированных на уран работ, выявлению радиоактивного сырья на территории нашей страны уделялось значительное внимание. У истоков этого важного дела стоял выдающийся ученый академик В.И. Вернадский, который в своей речи «Задачи дня в области радия», произнесенной 29 декабря 1910 г. на годовом заседании Российской Академии наук, сказал: «В глубоком сознании лежащего на нас перед родной страной долга, я решил выступить в нашем публичном торжественном заседании, чтобы обратить внимание на открывшееся перед нами дело большой общече-

* Известия, 1988. 23 июля.

ловеческой и государственной важности — изучение свойств и запасов радиоактивных минералов российской империи. Оно не может, оно не должно больше откладываться... Перед нами открываются в явлениях радиоактивности источники атомной энергии, в миллионы раз превышавшие все те источники сил, какие рисовались человеческому воображению».

К этому времени на территории нашей страны было известно единственное месторождение радиоактивных руд — Тюямуюнское, расположенное в предгорье Алайского хребта в Средней Азии. Руды этого месторождения разрабатывались на медь уже в средние века, а уран в них был обнаружен в 1900 г. профессором Петербургского горного института И.А. Антиповым. Исследовательские и добычные работы на этом месторождении проводились с перерывами до 1932 г., а затем в период 1948—1952 гг. оно было полностью отработано как урановое.

Российская Академия наук предпринимала по инициативе В.И. Вернадского все возможные меры для получения средств на поиски новых месторождений радиоактивных минералов, но лишь в 1911 г. на деньги, полученные от государства и от частного лица — А.А. Богусhevского, сумела организовать первые экспедиции в Фергану, на Кавказ. Урал и в Забайкалье. В 1914 г. была организована Радиевая экспедиция Академии наук, которая проводила исследование в различных районах России до 1917 г. Эти исследования не привели к открытию новых месторождений, но позволили создать отечественную школу геологов, геохимиков, минералогов, радиогеологов во главе с В.И. Вернадским, научная направленность которой оказала благотворное влияние на все последующие работы в области выявления источников радиоактивного сырья.

До начала работ по специализированным поискам урана советскими геологами при геолого-съёмочных работах и поисках других полезных ископаемых попутно были открыты четыре урановых месторождения в Средней Азии — Табошарское и Адрасманское в Карамазарских горах, Майлисуйское и Уйгурсайское в Северной Фергане.

В 1925 г. при составлении геологической карты в одном из древнейших рудных районов Средней Азии — Карамазаре — геолог

С.Ф. Машковцев на руднике Табошар обнаружил образцы с радиоактивными минералами. С 1926 г. здесь начала работать первая геолого-разведочная партия под руководством Б.Н. Наследова, выявившая ряд рудных жил, в том числе крупную ураноносную, названную «Ведущая». С тех пор геолого-разведочные работы на Табошарском месторождении продолжались в течение многих лет, в том числе и после его передачи в 1945 г. в эксплуатацию.

В 1934 г. при проведении поисково-разведочных работ на серу в Северной Фергане геолог Я.К. Писарчик нашел в долине р. Майлису кусок известняка с желтым налетом, оказавшийся высокордиоактивным, что послужило основанием для организации в данном районе работ на уран. Их результатом явилось открытие Майлисуйского месторождения урана, на котором под руководством А.А. Данильянца в период 1935—1941 гг. были проведены первые разведочные работы, позволившие оценить верхнюю часть месторождения, представленную окисленными урановыми рудами.

В 1934 г. при разведке медно-висмутитового месторождения Адрасман геологами З.П. Горшковым и И.К. Рудаковской была отмечена повышенная радиоактивность руд и рудничных вод, но только в 1940 г. геологом В.Г. Мелковым в отдельных образцах были установлены урановые черны. В 1939—1940 гг. на этом месторождении проводили работы в связи со строительством Адрасманского висмутитового комбината. По материалам разведки старшим геологом «Адрасманстроя» Н.Д. Морозовым проведен подсчет запасов висмута и меди и дана оценка запасов закиси-окиси урана (103,4 т при содержании в руде 0,053%) в качестве попутного компонента. Необходимо отметить, что впервые в СССР, а может быть, и в мире, для оценки запасов урана были использованы результаты определения его содержания в пробах по измерению β -излучения.

В 1938 г. геологом В.И. Поповым при выполнении геолого-съёмочных работ было обнаружено Уйгурсайское месторождение урана. Проведенные на месторождении в 1939—1940 гг. геолого-разведочные работы под руководством А.А. Осипова позволили установить, что оно является мелким по запасам с бедными рудами.

Таким образом, к началу работ по советскому атомному проекту в СССР было известно

5 месторождений, общие запасы которых в это время оценивались примерно в 500 т урана. На этих запасах начинала свое развитие отечественная урановая промышленность. Для сравнения можно отметить, что в то время суммарные мировые запасы урана оценивались в 12—15 тыс. т, в том числе в США 3 тыс. т, в Канаде 6 тыс. т, в Африке 3 тыс. т, в Европе (Чехословакия, Германия, Англия) 1 тыс. т.

Наряду с отмеченными выше практически результатами не менее важным является то, что в период, предшествовавший 1943 г., выдающиеся ученые нашей страны В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, Д.И. Щербаков, К.А. Ненадкевич и др. заложили новое научное направление в учении о рудных месторождениях — основы радигеологии, оказавшее большое влияние на выбор первоочередных регионов и направлений последующих специализированных на уран геолого-поисковых работ.

На первом этапе (1943—1955 гг.) развития этих работ, соответствующем начальной фазе реализации советского атомного проекта, завершившейся, как известно, созданием первых советских ядерных водородных бомб, важнейшей задачей являлось выявление как можно большего количества запасов урана, при этом вопросы экономики не имели еще приоритетного значения. В это время на государственном уровне были осуществлены крупные организационные меры, позволившие широко развернуть геолого-разведочные работы на территории СССР и ряда стран Восточной Европы. Во исполнение упомянутого выше постановления Комитет по делам геологии при СНК СССР в 1943 г. организовал в своем составе Отдел радиоактивных элементов (начальник Ф.М. Малиновский) для руководства поиском месторождений урана силами территориальных геологических управлений. Во Всесоюзном институте минерального сырья (ВИМС) в это же время были созданы специальный урановый сектор № 6 (начальник М.Н. Альтгаузен, научный руководитель Д.И. Щербаков) и несколько экспедиций, в том числе Ферганская, для выполнения поисково-оценочных работ в отдельных районах страны, а позже и за рубежом. Во время полевых работ в Средней Азии уже в 1945 г. Ферганская экспедиция выявила два месторождения урановых руд в известняках палеогена — Шакоптар (Д.Д. Пеннинский, А.И. Шевнин) и Майлисай (Б.А. Бо-

гачев, Л.Я. Меламуд), которые после разведки были переданы для промышленного освоения.

В этом же году при ревизии на радиоактивность железной руды Первомайского месторождения в Кривом Роге геологи Л.В. Иванова и Б.Ф. Логинов установили наличие повышенных концентраций урана, что послужило основанием для последующего детального изучения месторождения, его разведки и отработки урановорудного объекта.

Все возрастающий объем поисковых работ на уран (в 1945 г. в полевых работах участвовало уже 90 геолого-разведочных партий) требовал дальнейшего совершенствования структуры управления ими.

В октябре 1945 г. по постановлению СНК СССР в составе Комитета по делам геологии при СНК СССР создано Первое главное геолого-разведочное управление (ПГГРУ), на которое возлагались организация и курирование специальных геолого-поисковых и разведочных работ по урану на территории СССР, выполняемых специализированными партиями и экспедициями территориальных геологических управлений. Позже, в 1948 г. в составе этого Главка были организованы специальные экспедиции: на Украине — Кировская, северо-западе России — Октябрьская, Кавказе — Кольцовская, в Закавказье — Громовская, Средней Азии — Красногорская, позже Краснохолмская, Казахстане — Волковская, позже Степная, на Урале — Шабровская, в Западной Сибири — Березовская, Восточной Сибири — Сосновская.

В конце 1945 г. правительство СССР заключило долгосрочные соглашения с правительствами Болгарии, Чехословакии, позже Польши, Румынии и Венгрии о совместных поисках, разведке и разработке месторождений радиоактивных руд и поставке урановой продукции Советскому Союзу. С этой же целью в Восточной Германии в Рудных горах было создано специальное горное управление, преобразованное в 1947 г. в Отделение Советского Государственного Акционерного общества «Висмут» с передачей ему всех прав по разведке и добыче урановых руд в Саксонии и смежных с ней регионах.

Ко времени завершения упомянутых выше организационных мер, поисковые работы на уран приобрели широкий размах — в системе Министерства геологии СССР уже работало

250 специализированных геолого-разведочных партий. Поисками были охвачены многие районы страны.

В это время в Средней Азии уже работал первенец уранодобывающей промышленности СССР — Комбинат № 6, минерально-сырьевой базой которого являлись урановые месторождения в Карамазарских горах и Ферганской долине. Слабая разведанность месторождений, при которой началась деятельность Комбината, и необходимость выполнения задания по добыче руды поставили перед его геологической службой сложные организационно-методические вопросы. Параллельно с наращиванием общих запасов месторождений необходимо было обеспечивать текущую добычу. Эти задачи не могли решаться традиционными методами с последовательным увеличением детальности разведки (от предварительной через детальную до эксплуатационной). На это не было времени. Только совмещение различных стадий разведки и выполнение ее в больших объемах одновременно с проведением горно-капитальных, подготовительных и добычных работ могло дать и дало положительные результаты, позволило в сжатые сроки в несколько раз увеличить общие разведанные запасы и тем самым создать достаточно прочную базу для дальнейшего развития Комбината. За большой вклад в развитие сырьевой базы Комбината № 6 геологи А.А. Данильянц, С.Г. Сурикова, А.Н. Якушев, А.А. Шурупов были удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР и награждены орденами СССР.

Одновременно с разведочными работами на ранее выявленных месторождениях Комбината № 6 (впоследствии Ленинабадского ГХК) в Карамазарских горах, Северной Фергане и затем в Приташкентском районе широко осуществлялись поисковые работы силами Ферганской (1945—1947 гг.) и Красногорской (1948—1959 гг.) экспедиций, а также территориальными геологическими управлениями Узбекистана, Таджикистана и Киргизии.

В 1948 г. в юго-западных отрогах Чаткальского хребта (Приташкентский район) геологи флюоритового отряда Узбекского геологического управления, работавшего под методическим руководством Красногорской экспедиции, открыли месторождение Алатаньга, а в 1949 г. — месторождение Каттасай. С откры-

тием этих достаточно крупных по тем временам месторождений Приташкентский район выдвинулся как новый урановорудный район Средней Азии. Следует отметить, что открытие урановых месторождений в Приташкентском районе во многом способствовали металлогенические исследования научного сотрудника ВСЕГЕИ Е.Д. Карповой, по прогнозам которой в этом регионе в 1948 г. и были начаты поисковые работы Красногорской экспедиции, приведшие впоследствии к открытию наряду с упомянутыми выше еще нескольких гидротермальных урановых месторождений — Чаули (1952 г.), Чаркасар (1953 г.), Майликаган (1954 г.), Ризак (1955 г.) и Джекиндек (1956 г.), что позволило значительно расширить сырьевую базу Комбината № 6.

Существенные положительные результаты были получены в рассматриваемый период и в других регионах Советского Союза, а также в ряде восточно-европейских стран. Этому способствовали создание и выпуск в необходимом количестве поисковых гамма-радиометров (типа ПР-7, ПР-12 и т. п.), позволявших определять интенсивность γ -излучения в маршрутах. Были разработаны и выпущены опытные серии азрогаммарадиометров, устанавливаемых на самолетах или вертолетах и фиксирующих γ -излучение в полете. Важное значение имело также специальное постановление Совета Министров СССР от 22 февраля № 392-148сс, которым поручалось всем организациям, независимо от их ведомственной принадлежности, ведущим геологические, добычные или изыскательские работы, в обязательном порядке проводить массовые (попутные) поиски урановых проявлений под методическим руководством и контролем ПГГРУ.

На Украине в Криворожском бассейне в 1946 г. при ревизии Желтореченского железорудного месторождения была установлена метасоматическая урановая минерализация, что в совокупности с определенной ранее повышенной радиоактивностью железных руд Первомайского месторождения послужило основанием для проведения на обоих объектах горно-разведочных работ, интенсивное осуществление которых позволило в короткий срок доказать их промышленную ценность и в 1951 г. передать в эксплуатацию вновь созданному Комбинату № 9 (впоследствии ВостГОК).

В открытие и разведку Первомайского и

Желтореченского месторождений большой вклад внесли Л.В. Иванова, А.К. Лихтарь, А.И. Зубов, Д.Ф. Логинов, Р.Я. Ротштейн, Я.Н. Белевцев, Н.И. Королев, которые были удостоены звания лауреатов Государственной премии.

В Киргизии открытое летом 1946 г. Южно-Иссыкульской партией Киргизского ГУ (В.А. Зеленцов, В.Ф. Гарбузова) Джильское урановое месторождение, приуроченное к угленосным породам, начали разведывать в конце 1946 г., а уже в 1948 г. его передали в эксплуатацию Рудоуправлению № 8, позже (в 1955 г.) вошедшему в состав Комбината № 11 (впоследствии Киргизского горнорудного комбината). Основу сырьевой базы Комбината № 11 в начальный период составили запасы открытого в 1947 г. и переданного в эксплуатацию в 1951 г. урано-угольного месторождения Туракавак. За выявление и разведку этого месторождения П.Г. Пантелеев, В.Н. Голубин, А.А. Фрайбергер, А.А. Ковалев были удостоены звания лауреатов Государственной премии.

На Северном Кавказе Кольцовской экспедицией в районе Кавказских Минеральных Вод в 1946—1947 гг., были открыты гидротермальные Бештаугорское и Быкогорское месторождения урана. При этом применяли оригинальный метод — ночную люминесцентную съемку, позволившую откартировать участки урансодержащих гиалитов (минералов, люминесцирующих при облучении ультрафиолетовыми лучами), при изучении которых были вскрыты ураноносные зоны. Оценка этих зон горными выработками и скважинами позволила сделать заключение о промышленной ценности объектов и передать их для освоения. Запасы этих месторождений послужили сырьевой базой для Рудоуправления № 10 (впоследствии Лермонтовского горно-химического рудоуправления). Ведущую роль в открытии и изучении месторождений сыграли геологи В.М. Пац, В.Г. Мелков и др.

В различных частях Казахстана, охваченных аэrorадиометрическими и наземными гамма-поисками, в рассматриваемый период были выявлены разнотипные урановые месторождения, обозначившие новые урановорудные провинции и районы. На юге республики, вблизи границы с Киргизией, были найдены гидротермальные месторождения Курдай (1951 г.) и Ботабурум (1954 г.), после разведки Волков-

ской экспедицией переданные для эксплуатации Киргизскому комбинату.

В открытии и форсированной разведке этих месторождений основная заслуга принадлежит Н.Ф. Карпову, А.И. Юдакову, Д.Т. Алексеенко, А.А. Татарникову, И.В. Хохлову, А.Л. Лапину.

На западе Казахстана, вблизи побережья Каспия, было открыто осадочное месторождение Меловое (1954 г.) с комплексными (уран, фосфор, редкоземельные и др.) рудами в палеогеновых глинах, обогащенных костным детритом. Это месторождение было, пожалуй, первым в нашей стране действительно крупным по запасам урана. Оно вместе с выявленными несколько позже месторождениями Тасмурун, Тайбогар, Томак и др. составило минерально-сырьевую базу вновь созданного Прикаспийского горно-металлургического комбината. Эта группа месторождений была открыта аэропартией Ферганской экспедиции ВИМС, а разведывалась Кольцовской экспедицией ПГГУ.

Ведущая роль в открытии и разведке этих месторождений принадлежит Р.Ф. Нифонтову, А.С. Столярову, В.М. Пацу, А.И. Лаубенбаху, Л.Н. Скосыревой и др.

В Северном Казахстане были обнаружены гидротермальные месторождения Балкашино (1953 г.), Маныбай (1954 г.), Аксу (1954 г.). Зазерное (1955 г.), Ишимское (1955 г.) и ряд более мелких. Маныбайское месторождение оказалось крупным по запасам рядовых и бедных молибден-урановых руд.

Этими открытиями уже в первый период специализированных поисково-разведочных работ Волковской и затем Степной экспедиций, по сути дела, была выявлена новая крупная Северо-Казахстанская урановорудная провинция, представленная обширной группой месторождений гидротермального типа, составивших минерально-сырьевую базу Целинного горно-химического комбината.

Среди специалистов, участвовавших в работах этого периода, необходимо выделить Ю.М. Поволоцкого, И.Д. Рогозина, В.Н. Сухоручкина, Л.Я. Меламуда, Г.К. Грузинского, А.И. Семенова, М.Н. Альтгаузена и др.

Не менее значительный результат геолого-разведочных работ в рассматриваемый период представляло обнаружение в пустыне Кызылкумы крупного по запасам урана месторожде-

ния песчаникового типа Учкудук (1953 г.). Месторождение было открыто при изучении радиоактивной аномалии, установленной аэрогаммапоисками. Открытие этого месторождения обозначило появление новой крупной Центрально-Кызылкумской урановорудной провинции, в пределах которой в последующий период было выявлено около 20 месторождений учкудукского типа, составивших сырьевую базу Навоийского горно-металлургического комбината.

В открытии и разведке месторождения Учкудук основная заслуга принадлежит геологам Краснохолмской экспедиции А. И. Паку, М. Э. Поярковой, Г. А. Печенкину, Г. В. Мазину и др.

Из положительных результатов геолого-разведочных работ первого периода необходимо также упомянуть о выявлении Ферганской экспедицией ВИМС аэрогаммапоисками месторождения Серное (1952 г.) в Туркмении. При относительно небольших запасах оно отличалось высоким качеством руд, которые добывались Рудоуправлением № 15 и после радиометрического обогащения отправлялись на гидрометаллургический передел на Комбинат № 6.

В соответствии с указанными выше соглашениями между правительствами СССР и восточно-европейских стран в рассматриваемый период планомерно развивались геолого-поисковые и разведочные работы на территориях Восточной Германии, Чехословакии, Болгарии, Румынии и Польши, что позволило советским геологам открыть целый ряд урановых месторождений, в том числе нескольких крупных по запасам, с богатыми рудами. На территории Восточной Германии геолого-разведочные работы были начаты в старых горно-промышленных районах Рудных гор, где, в первую очередь, проводили радиометрическую ревизию и геологическое изучение многочисленных заброшенных рудников. В результате этих работ были выявлены гидротермальные месторождения жильного типа с богатыми смолковыми рудами, в том числе крупное месторождение Обершлема (1946 г.) и месторождение Нидершлема-Альберода (1948 г.), которое по своим масштабам (более 275 тыс. т урана) оказалось уникальным, крупнейшим в мире среди месторождений данного типа. При ревизии горных выработок было выявлено также урано-угольное месторождение Фрайталь

(1948 г.), которое с перерывами обрабатывалось на уран в 1950—1985 гг.

С конца 40-х годов при поиске урановых месторождений в Германии применяли эманиационную съемку, оказавшуюся в данных условиях весьма эффективной. Изучение и оценка радоновых аномалий, выявленных этой съемкой, позволили открыть новые урановорудные районы и месторождения: Фогтландский район с месторождениями жильного типа Цобес (1949 г.), Шнеккенштайн (1949 г.), Берген (1949 г.); Роннебургский район с эпигенетическими месторождениями Гауэрн (1950 г.), Зорге (1950 г.), Кульмич (1951 г.) в верхнепермских («цехштейновых») отложениях и полигенными месторождениями (так называемыми месторождениями в черных сланцах) Лихтенберг (1951 г.), Шмирхау (1951 г.), Пайтцдорф (1953 г.). Схожее с последними по типу небольшое месторождение Дитрихсхютте (1950 г.) было обнаружено в Шварцбургском районе.

Перечисленные месторождения послужили сырьевой базой для горнодобывающих предприятий Акционерного общества «Висмут». К концу 40-х годов эксплуатировали уже одиннадцать месторождений жильного типа, в том числе крупнейшие из названных выше.

В целом, геолого-разведочные работы первого периода полностью подтвердили прогнозы советских специалистов в отношении ураноносности южных районов территории Восточной Германии и послужили основанием для ускоренного создания крупной уранодобывающей провинции.

Основная заслуга в открытии, разведке, освоении и отработке многочисленных урановых месторождений в этих районах принадлежит советским специалистам, среди которых должны быть отмечены С. Н. Волошук — генеральный директор АО «Висмут» с 1960 г. по 1986 г., С. П. Александров, Р. В. Нифонтов, Д. Ф. Зимин, Г. В. Гор-



С. Н. Волошук,
генеральный директор
Советско-германского
акционерного общества
«Висмут»

шков, Г.К. Жуков, Л.У. Пухальский, М.И. Клыков и многие другие.

На территории Чехословакии поисково-ре-визионные работы были начаты в старинных горнорудных районах западной и Средней Чехии, в том числе на Яхимовском рудном поле, в Горном Славкове и Пршибраме на полиметаллическом месторождении, где были известны находки урановой смолки.

На Яхимовском рудном поле геолого-разведочные работы осуществлялись одновременно с реконструкцией рудников и добычными работами (рудники Ровности, Сворност, Браторстви). К началу 50-х годов в эксплуатации на этом рудном поле находилось уже 10 рудников, созданных на базе вновь выявленных рудных участков с богатыми рудами жильного типа. При предприятии «Яхимовские рудники» была создана геолого-разведочная экспедиция, которая проводила ревизионные и поисковые работы и в некоторых других районах страны, широко применяя при этом пешеходные и автомобильные гамма-поиски, а также эманационную съемку. В результате были открыты: гидротермальное месторождение Славковское (1946 г.); Пршибрамское (1947 г.) месторождение жильного типа с богатыми рудами, которое, как показали последующие разведочные работы, оказалось весьма крупным по запасам, добыча руды на нем, начатая в 1950 г., продолжается до настоящего времени; месторождение Задний Ходов гидротермального типа с рядовыми по качеству (содержание урана 0,1—0,3%) прожилково-вкрапленными рудами (1952 г.)

Геолого-разведочными работами в рассматриваемый период руководили советские специалисты. Их возглавлял крупный геолог В.И. Красников, активно и полезно работали В.Е. Гриб, В.В. Чернышев, Р.В. Гецева, Е.И. Червов, А.И. Заварзин, В.Е. Бойцов, А.Г. Евдохин, Е.А. Пятов, А.И. Зубов, А.Г. Степанов, Б.М. Федоров и многие другие.

На территории Болгарии урановую промышленность начали создавать в 1946 г. на базе выявленного к тому времени уранового месторождения Готен, запасы в окисленных рудах которого оценивали в 150 т урана. Советско-Болгарское горное общество (СБГО), начавшее его эксплуатацию, одновременно форсировало разведочные работы, в результате ко-

торых были выявлены первичные руды, что увеличило запасы урана в несколько раз.

В этот же период поисковыми работами Южной экспедицией ВИМС в районе Сеславцы были выявлены участки развития слюдкового уранового оруденения, три из которых (Первый, Второй и Третий Сеславские) впоследствии определились как промышленные месторождения и пополнили сырьевую базу СБГО, которая, однако, оставалась весьма скромной (всего порядка 500 т).

Геологические работы в Болгарии возглавляли и осуществляли Г.А. Кремчуков, К.П. Лященко, И.Н. Зубров, Н.С. Богатырев, Ф.В. Козлов и другие.

На территории Румынии первое промышленное месторождение урана Бихор было выявлено в 1951 г. советскими геологами в процессе наземных радиометрических поисков. Для разведки и эксплуатации Бихорского месторождения межправительственным соглашением от 30 декабря 1951 г. было основано Советско-Румынское горное общество «Кварцит», которое с 1952 г. в больших объемах осуществляло также поисковые работы в Бихорских горах и других районах Румынии. Уже на самой первой стадии разведки стало ясно, что это месторождение благодаря весьма высокому качеству руд (среднее содержание урана 1,13%), безусловно, имеет промышленное значение. Поэтому параллельно с детальной разведкой осуществляли интенсивную отработку рудных залежей карьером и подземными работами. По запасам это месторождение может быть отнесено к достаточно крупным (несколько более 16 тыс. т), а для Румынии оно оказалось крупнейшим.

Промышленный характер имело также месторождение Чудановицы, открытое советскими геологами в 1953 г.

Большой вклад в открытие и разведку урановых месторождений Румынии внесли И.Ф. Целомудров, В.И. Пигульский и другие советские специалисты.

На территории Польши работы по урану проводились польским государственным предприятием «Кузнецкие рудники» и Постоянной Советско-Польской Комиссией, созданными в 1947 г. в соответствии с правительственным соглашением.

Издавна было известно об урановых рудах на железорудном месторождении Шмидеберг

и в старом заброшенном руднике Купферберг, геолого-разведочными работами, проводившимися в Нижней Силезии, были выявлены месторождения Медянка (1948 г.), Копалина (1948 г.), Морвица (1949 г.). Однако все эти объекты оказались весьма мелкими с запасами в десятки — первые сотни тонн. Поэтому урановая промышленность Польши не получила заметного развития и в общих поставках урана из восточно-европейских стран в Советский Союз ее доля была незначительной.

Характерная особенность всех геолого-разведочных работ на уран — тесная, неразрывная связь с научными исследованиями, которые выполнялись на всех стадиях от прогнозирования до детальной разведки месторождений. Уже в первый период осуществления советского атомного проекта к проведению научных исследований были привлечены Всесоюзный институт минерального сырья (ВИМС, 1943 г.), Всесоюзный институт разведочной геофизики (ВИРГ, 1945 г.), Институт геологии рудных месторождений АН СССР (Экспедиция № 1 ИГЕМ, 1946 г.), Всесоюзный геологический институт (ВСЕГЕИ, 1947 г.).

ВИМС явился первым научно-исследовательским институтом, который должен был решать проблемы, связанные с выбором направлений поисков урана, а также задачи научного, аппаратурного и методического обеспечения геолого-разведочных работ на уран. Кроме того, при ВИМС было организовано несколько экспедиций (Ферганская, Южная и др.), выполняющих геолого-поисковые и опытно-методические работы. Одновременно при ВИМС было создано бюро по вопросам сырьевой базы урана, куда входили академики В.И. Вернадский, С.С. Смирнов, Д.И. Щербаков и другие крупные специалисты.

Обобщение имевшихся данных по всем основным урановым месторождениям мира позволило уже в 1944 г. издать работу Д.И. Щербакова «Геология месторождений радиоактивных элементов и поисковые критерии».

В этот же период ВИМС выполнял еще одно задание чрезвычайной важности — обучение геологов производственных организаций основам радиогеологии, урановой минералогии, особенностям поисков и оценки проявлений урана. За два года обучение прошли более 150 человек.

Основу коллектива ученых института состав-

ляли: В.И. Баранов, В.И. Герасимовский, Г.Р. Гольбек, Ц.Л. Гольдштейн, Я.Д. Готман, Т.Н. Давыдова, А.В. Зверев, Е.В. Копченова, С.Д. Левина, В.Г. Мелков, Н.И. Мусиченко, Е.В. Рожкова, А.И. Тугаринов и многие другие.

ВИРГ была поручена разработка теоретических основ радиометрических методов, аппаратуры и методики для поисков и разведки урановых месторождений. В институте созданы пешеходные, автомобильные, самолетные и каротажные радиометры, а также разработаны методики и инструкции их применения, что позволило вооружить геолого-разведочные партии необходимыми техническими средствами.

Большой вклад в это направление внесли А.К. Овчинников, Г.С. Смирнов, М.М. Соколов, И.М. Хейкович и другие.

Экспедиция № 1 ИГЕМ АН СССР, организованная для оказания научной помощи Комбинату № 6, изучала разведкуемые и эксплуатируемые месторождения в целях уточнения закономерностей локализации оруденения; разрабатывала методические вопросы детального геологического картирования и документации горных выработок.

При экспедиции была создана постоянно действующая круглогодичная станция на Табошарском руднике с филиалами практически на всех эксплуатируемых месторождениях. Результаты исследований экспедиции условий размещения оруденения представляли существенный вклад при разработке теории уранового рудообразования. В работе экспедиции принимали участие и крупные ученые, такие, как академик Д.И. Щербаков, член-кор. А.А. Сауков, профессора Ф.И. Вольфсон, М.Ф. Стрелкин, А.И. Перельман, Л.И. Лукин, и молодые в то время ученые В.И. Данчев, И.П. Кушнарев, Е.П. Сонюшкин, Б.Л. Рыбалов, Л.В. Хо рошилов, Н.П. Лаверов и другие.

Во ВСЕГЕИ был создан отдел специальных исследований, который проводил региональное металлогеническое изучение отдельных территорий страны, предварительно оценивал ураноносность отдельных районов и выделял среди них наиболее перспективные. Учеными отдела были составлены прогнозные металлогенические карты различных масштабов. Большой вклад в изучение металлогении урана внесли сотрудники ВСЕГЕИ Т.Н. Билибина,

Е.Д. Карпова, А.П. Никольский, Н.К. Морозенко, А.И. Семенов и другие.

Научно-исследовательские работы по геологии урана в системе Минсредмаша СССР проводились с 1951 г., когда был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ, ранее НИИ-10), который выполнял детальное геолого-минералогическое и минералого-технологическое изучение эксплуатируемых урановых месторождений и создал научные основы рудничной геологии и геофизики на урановых объектах. В этих работах участвовали Ю. А. Арапов, Г. Д. Зиновьев, Г. И. Петров, Д. Я. Суражский и другие.

Завершая краткую характеристику развития геолого-разведочных и связанных с ними научно-исследовательских работ по урану в первый период реализации советского атомного проекта, необходимо отметить неослабное внимание со стороны руководства отрасли — Б.Л. Ванникова, А.П. Завенягина, особенно, П.Я. Антропова и Н.Б. Карпова, что во многом способствовало получению положительных результатов.

Подводя итоги геолого-разведочных работ в первый период реализации советского атомного проекта (1943—1955 гг.), необходимо отметить следующие, по нашему мнению, наиболее важные из достигнутых результатов.

1. Со всей определенностью можно констатировать, что поставленная правительством СССР задача создания минерально-сырьевой базы природного урана была успешно выполнена. Приведенные ниже данные отображают

динамику ее развития в 1945—1955 гг. (табл. 1).

Разведанные запасы урана позволили ввести в эксплуатацию или приступить к созданию горнодобывающих и перерабатывающих предприятий как в СССР (ЛГХК, КГРК, ВостГОК, ГХРУ, Рудоуправление № 15), так и в восточно-европейских странах («Висмут», «Яхимовские рудники», «Кварцит», «Редкие металлы» «Кузнецкие рудники»).

2. За относительно короткий период проведения специализированных на уран геологических работ были кардинально расширены и углублены знания о промышленно-генетических типах урановых месторождений, особенности геологического строения и металлогении урановорудных районов. Число урановорудных районов к концу рассматриваемого периода составило 25, часть из них (Кызылкумский, Украинский, Северо-Казахстанский, Рудногорский и Роннебургский и др.) в результате дальнейшего опоскования и изучения превратились в крупные урановорудные провинции мирового значения. Стало ясно, что наряду с гидротермальными типами месторождений важное промышленное значение могут иметь собственно осадочные (Меловое) и, особенно, эпигенетические месторождения песчаникового типа (Учкудук).

3. Из 55 урановых месторождений, выявленных, частично или полностью разведанных и переданных в этот период промышленности, более 70% (39 шт.) было представлено малыми и небольшими (с запасами урана 500—5000 т) объектами. Около десятка из них (с запасами до 500 т каждое) было погашено еще до 1955 г.

Таблица 1. Запасы урана на 01.01. каждого года, т

Страна	1945	1946	1947	1948	1949	1955	Примечание
СССР	348	370	1426	2543	3967	28097	За 1950—1954 гг. запасы увеличены в 7 раз
Восточно-европейские страны, в том числе:	—	3	341	1139	1876	56655	За 1950—1954 гг. запасы увеличены в 30 раз
Германия	—	—	252	1035	1671	36757	
Чехословакия	—	3	89	104	163	6809	
Румыния	—	—	—	—	—	12250	
Болгария	—	—	—	—	16	501	
Польша	—	—	—	—	26	326	
Всего:	348	373	1767	3682	5843	84753	За 1950—1954 гг. общие запасы увеличены в 14,5 раз

Весьма крупными (с запасами урана более 20 000 т) оказались лишь 3 месторождения в СССР (Меловое, Маныбай и Учкудук) и 4 зарубежных (Нидершлема-Альберода, Шмирхау, Пайтцдорф, Пршибрам). Поэтому одну из основных задач геолого-разведочных работ в последующий период, когда все большее внимание начали уделять снижению себестоимости производства урановой продукции, представляло выявление крупных месторождений урана.

Объем специализированных геолого-разведочных работ и массовых поисков в период 1955–1967 гг. непрерывно возрастал. Если в 1955 г. на уран было пробурено 599 892 м скважин, то в 1967 г. — уже 2 791 619 м, т. е. в 4,6 раза больше (в том числе 508 279 м пробурено организациями Минсредмаша).

В этот период в больших масштабах применяли скоростные аэрогамма- и автогаммаметоды поисков, давшие хорошие результаты. Активно проводили попутные (массовые) поиски территориальные геологические управления. Результатом этих работ стало открытие новых месторождений в различных районах страны, а также завершение детальной разведки месторождений в уже известных урановорудных районах, что значительно расширило отечественную сырьевую базу.

В Северном Казахстане были завершены разведочные работы на месторождениях Балкашино (1956 г.), Маныбай (1959 г.), Тастыколь (1961 г.), Заозерное (1963 г.). Запасы этих месторождений составили сырьевую базу Центрального горно-химического комбината, строительство которого началось в 1956 г. на Балкашинском месторождении, а с 1958 г. развернулось и на остальных месторождениях.

Степная экспедиция открыла, разведала и передала ЦГХК в эксплуатацию Ишимское месторождение (1955–1964 гг.).

Геолого-разведочными работами силами ЦГХК в районе Балкашинского месторождения (полностью отработано к 1966 г.) было открыто месторождение Дергачевское (1962 г.), которое начали эксплуатировать с 1965 г. Открытие этого месторождения послужило резким толчком к возобновлению и расширению в данном районе специализированных работ силами комбината, прекращенных ранее Степной экспедицией. Результаты не замедлили сказаться — в 1964 г. было открыто месторождение Восток, форсированная разведка кото-

рого позволила уже в 1966 г. провести первый генеральный подсчет его запасов, показавший, что это месторождение в 15–20 раз больше Балкашинского. Одновременно с разведкой Востока, было открыто месторождение Звездное. В результате этих открытий Балкашинское рудоуправление получило новую солидную сырьевую базу, которая позволила не только сохранить предприятие, но и существенно увеличить его производительность.

Наиболее активные участники этих достижений — специалисты Минсредмаша — были удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР: Ю.М. Часовитин, Г.А. Ведешкин, Л.А. Бай, М.А. Аношкин, С.А. Смирнов, Н.Г. Вавилов, Г.П. Полуаршинов, Н.Б. Карпов, Г.Р. Шушания.

За открытие и разведку промышленных месторождений в Северном Казахстане группа работников Волковской и Степной экспедиций также награждена была Государственной премией СССР: Н.Ф. Карпов, Л.Я. Меламуд, Н.И. Королев, Б.К. Куримбаев, В.С. Казаков.

В Южном Казахстане к 1956 г. Волковская экспедиция завершила разведку Ботабурумского месторождения и передала его в эксплуатацию Киргизскому комбинату, который продолжил разведку этого месторождения, в результате чего были резко расширены его границы и примерно в 6 раз увеличены запасы.

В 1957 г. геологами Казахского геологического управления было открыто Кызылсайское месторождение. Разведывалось оно Волковской экспедицией и в 1963 г. было передано Киргизскому комбинату. При эксплуатации этого месторождения выявилось серьезное неподтверждение запасов, которые фактически составили 55% подсчитанных Волковской экспедицией.

Проводимые Волковской экспедицией поиски экзогенных месторождений в Чу-Сарысуйской и Илийской депрессиях на юге Казахстана привели к открытию месторождений Уванас песчаникового типа (1963 г.) и Кольджат урано-угольного типа. Первое из них впоследствии начали успешно эксплуатировать способом подземного выщелачивания, второе находится в резерве в связи со сложными гидрогеологическими условиями.

На западе Казахстана завершилась разведка месторождения Меловое, которое в 1959 г. было передано Минсредмашу СССР, и в том же

году на его базе началось строительство Прикаспийского горно-металлургического комбината.

Открытие Учкудукского месторождения в Кызылкумах, уникального для того времени по количеству запасов урана, надолго определило направление поисковых работ Краснохолмской экспедиции и оказало заметное влияние на деятельность других специализированных геолого-разведочных организаций, сделавших во второй половине 50-х годов упор на поиски месторождений урана в осадочных формациях. На опыте поисков разведки и изучения Учкудукского месторождения с участием научных работников ВИМС и ВСЕГЕИ была установлена приуроченность оруденения к границе выклинивания пластового окисления, разработаны другие поисковые критерии и методы поисков с широким применением глубокого бурения. В 1956—1967 гг. Краснохолмская экспедиция проводила поисковые работы в Кызылкумах. В результате были выявлены однотипные новые месторождения учкудукского типа: Кетменчи (1956 г.), Букиной (1959 г.), Сабырсай (1960 г.), Южный Букиной (1961 г.), Сугралы (1961 г.), Лявлякан (1961 г.) и др. Разведочные работы на этих месторождениях однозначно указывали на большие запасы урана (первые десятки тысяч тонн) почти на каждом из них. Залегание оруденения в рыхлых обводненных породах, как правило, на значительной глубине (300—500 м от поверхности) делало крайне затруднительной и дорогостоящей их обработку традиционными горными способами, что вызвало в конце 60-х годов довольно скептическое отношение к возможности их промышленного освоения. Однако впоследствии в связи с успехами, достигнутыми в разработке и внедрении способа подземного выщелачивания урана, эти месторождения были вовлечены в эксплуатацию.

В других районах Средней Азии новых промышленных месторождений урана в рассматриваемый период (1956—1967 гг.) выявлено не было. В равной степени это относится к Северо-Кавказскому району.

На Украине в этот период Кировская экспедиция проводила поиски урановых месторождений в железистых породах различных районов, считая наличие таких пород важнейшим поисковым признаком месторождений первомайско-желтореческого типа. Однако новых

промышленных месторождений в этом направлении выявлено не было. Поэтому постепенно поисковые работы были перенесены на осадочные комплексы Днепровского бурогоугольного бассейна, Днепровско-Донецкой впадины и других районов.

В Днепровском бурогоугольном бассейне силами Кировской экспедиции и попутными поисками других организаций были выявлены небольшие месторождения в песках бучагского яруса, среди которых наиболее крупные Девладовское (1956 г.) и Братское (1962 г.), более мелкие Первозвановское, Петромихайловское и другие. Девладовское месторождение явилось первенцем промышленного применения способа подземного выщелачивания урана скважинными системами. Восточный ГОК начал здесь добычу этим методом в 1962 г.

Открытие и быстрая (1965—1967 гг.) разведка Мичуринского месторождения имели большее значение для укрепления сырьевой базы Восточного комбината, который к этому времени полностью отработал запасы Первомайского месторождения. Вместе с тем это открытие заставило Кировскую экспедицию вместе с научно-исследовательскими институтами пересмотреть перспективы кристаллического щита с учетом вновь полученных данных по приуроченности уранового оруденения к зонам натрового метасоматоза в гнейсово-магматитовой толще на ее контакте с гранитами вне связи с железистыми породами. Последующие геолого-разведочные работы позволили оформить район, в котором было найдено Мичуринское месторождение, как крупный промышленный урановорудный, получивший название Кировоградского.

В Забайкалье в период 1956—1967 гг. поиски Сосновской экспедиции принесли весьма важные положительные результаты. К ним, в первую очередь, следует отнести открытие Стрельцовского месторождения урана в 1963 г., когда были выявлены не выходящие на поверхность крупные рудные залежи на его Центральном участке, определившие промышленный характер месторождения.

В 1964—1967 гг. в районе этого месторождения интенсивными поисковыми работами были выявлены новые месторождения: Красный Камень, Тулукуевское, Лучистое, Широндукевское. Одновременно геолого-разведочные работы Сосновской экспедиции на Стрельцов-

ском месторождений позволили установить еще несколько рудных участков (Западный, Восточный, Глубинный) и к середине 1966 г. Стрельцовское рудное поле определилось как весьма крупное по запасам урана в рудах с повышенным содержанием. По состоянию на 1 сентября 1966 г. был произведен первый генеральный подсчет запасов, утвержденный в начале 1967 г. в ГКЗ. При подсчете запасы категории C_1 составляли лишь 10%, однако обоснованность запасов категории C_2 , а также прогнозы дальнейшего роста запасов, позволили приступить к строительству на базе Стрельцовских месторождений крупного горнорудного комбината. В конце 1967 г. было принято решение Совета Министров СССР о строительстве Приаргунского горно-химического комбината.

Открытие месторождений уран-молибденовых руд в Стрельцовском рудном поле — выдающееся достижение Сосновской экспедиции. Наибольший вклад в организацию работ, изучение геологии и выявление уникальных по своим масштабам урановых ресурсов Стрельцовского района внесли Л.П. Ищукова, В.А. Гагарин, В.П. Зинченко, В.М. Степанов, О.Н. Шанюшкин, Д.П. Бобрицкий и др. Большую помощь в изучении геологии этого района оказывали научно-исследовательские институты, координацию работ которых осуществлял профессор Ф.И. Вольфсон.

Важный результат геолого-разведочных работ рассматриваемого периода — открытие урановорудного района на Алданском щите. Начатые в 1958 г. работы в западной части Эльконского горста были резко усилены в 1961 г., а уже в 1962 г. все выявленные здесь месторождения и рудопроявления были объединены в единый урановорудный район, получивший наименование Эльконского. В феврале 1963 г. вышло специальное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о проведении геолого-разведочных работ в Эльконском урановорудном районе, которым был установлен план по приросту запасов промышленных категорий на 1963—1965 гг. Запасы, подсчитанные по результатам большого объема разведочных работ, утвержденные в 1968 г., характеризуют данный район как весьма крупный по запасам урана в рядовых (0,14%) рудах, содержащих также в качестве попутного компонента золото (в среднем 0,8 г/т). Промышленное освоение района отложено по причи-

нам экономического характера (в первую очередь из-за необходимости больших первоначальных капиталовложений и длительных сроков освоения).

Однако этот район является резервом развития уранодобывающей промышленности, освоение которого может быть ускорено решением проблемы комплексного экономического развития Алданского района Якутии.

В поисковых и разведочных работах в этом районе принимал участие большой коллектив Приленской экспедиции ПГГРУ и научно-исследовательских институтов, которыми на протяжении всего времени руководили начальник экспедиции И.С. Свирщевский, главный геолог В.С. Мирошниченко, главные инженеры А.Л. Лапин и В.К. Брехов, координатор научных исследований профессор Я.Д. Готман.

В рассматриваемый период в восточно-европейских странах также продолжались геолого-разведочные работы.

На территории бывшей ГДР они интенсивно шли в ранее установленных урановорудных районах — Рудногорском и Роннебургском, а также во вновь выявленном — Эльбтальском, где в 1963 г. было открыто месторождение Кенигштайн песчаникового типа.

Однако основной прирост запасов урана был получен в Роннебургском районе, где к концу рассматриваемого периода было выявлено уже 13 месторождений, в том числе такие крупные объекты, как Беервальде и Дрозен (1966 г.). Эти открытия обеспечивали быстрый рост добычи урана в этом районе, компенсировавший снижение добычи жильных руд в Рудногорском районе.

Вновь открытое месторождение Кенигштайн в песчаниках мела форсированно разведывалось в 1963—1966 гг. Одновременно с детальной буровой разведкой в 1965 г. было начато строительство рудника, а в 1967 г. и добыча руды.

Наиболее значительным успехом геолого-разведочных работ на территории Чехословакии в данный период стало открытие крупных месторождений урана песчаникового типа в меловых отложениях Северной Чехии. В 1964 г. в этом районе открыто месторождение Гамр, за которым последовали Страж, Бжевниче, Осечно-Котел, Мимонь и другие.

В результате этого Северо-Чешский мел за-

нял ведущее положение в запасах урана Чехословакии.

Таким образом, сырьевая база урановой промышленности Чехословакии в целом существенно расширилась, несмотря на то что к этому времени были полностью отработаны месторождения Яхимово (1962 г.), Горный Славков (1962 г.), а также еще несколько более мелких жильных месторождений.

На территории Болгарии работы по расширению сырьевой базы урана проводило национальное предприятие «Редмет», созданное в 1956 г. Выявленные в этот период месторождения характеризовались, как правило, малыми запасами, а большинство из них было отработано в ходе их разведки. Сырьевая база уранодобывающей промышленности НРБ в целом из-за низкого уровня прироста новых запасов до 1968 г. не обеспечивала стабильную добычу урановых руд.

На территории Румынии, после организации национального предприятия «Департамент редких металлов» (1956 г.), геолого-разведочные работы на уран стали неуклонно сокращаться и в 1960 г. были прекращены полностью. С 1 июля 1965 г. Румыния прекратила поставки урановой продукции в СССР и отказалась от участия в Постоянной Советско-Румынской комиссии.

На территории Венгрии в соответствии с межправительственным соглашением от 23 марта 1956 г. в том же году было начато создание предприятия «Боксит» по разведке, эксплуатации и переработке урановых руд месторождения Мечек, обнаруженного советскими геологами. Промышленная эксплуатация этого месторождения была начата в 1958 г. двумя рудниками.

Наиболее важными результатами геолого-разведочных работ в 1956—1967 гг. являются, по нашему мнению, следующие.

1. Существенное увеличение запасов урана в недрах. В СССР их количество за этот период в сравнении с предыдущим возросло на порядок (почти до 265 тыс. т), при этом общее число принятых на баланс месторождений урана увеличилось менее чем в два раза, т. е. значительно возросла доля крупных объектов.

2. Выявлены новые крупные урановорудные районы, среди которых наиболее значительны Стрельцовский в Забайкалье и Кировоградский на Украине. Важным явилось также от-

крытие месторождения Уванас в Чу-Сарысуйском регионе, который последующими работами был превращен в крупнейшую по запасам урановорудную провинцию.

3. Не было выявлено новых промышленных запасов урана на Северном Кавказе, в Туркмении, а также в сфере деятельности горных предприятий ЛГХК.

В заключение следует отметить, что именно в этот период были выявлены последние урановорудные районы с промышленными месторождениями для традиционного горного способа отработки на территории как СССР, так и восточно-европейских стран.

Следующий период, охватывающий 1968—1980 гг., характеризуется подтверждением уникальности Стрельцовского рудного поля по количеству запасов и качеству руд, а также крупными успехами, достигнутыми в выявлении крупных по масштабу урановорудных районов с месторождениями урана для добычи методом подземного выщелачивания (ПВ). Такие месторождения были открыты в Сыр-Дарьинской депрессии. Новые месторождения учкудукского типа были выявлены в Центральных Кызылкумах. Для рассматриваемого периода характерны некоторые особенности развития добычи урана, оказавшие большое влияние на направление геолого-разведочных работ. Речь идет об успешном развитии добычи урана ПВ, которая была начата в 1962—1963 гг. Восточным (месторождение Девладово) и Навоийским (Учкудук) комбинатами и проводилась особенно в большом масштабе с 1969 г. Ленинабадским комбинатом (Северный и Южный Букинай). Это в сильной мере стимулировало поиск и разведку месторождений песчаникового типа в проницаемых отложениях, которые для горной отработки нерентабельны из-за низкого содержания урана в руде и сильной обводненности. Именно в этот период были выявлены крупные урановорудные районы в Чу-Сарысуйской и Сыр-Дарьинской депрессиях. Ленинабадский комбинат также, как и на Букинайских месторождениях успешно организовал добычу урана ПВ на месторождении Карамурун в Сыр-Дарьинской депрессии. Киргизский комбинат, начав эксплуатацию способом ПВ с месторождения Уванас, приступил затем к эксплуатации месторождений Канжуган и Мынкудук в Чу-Сарысуйской

депрессии. К 1980 г. добыча урана ПВ в нашей стране составила уже 17%.

Важная особенность развития сырьевой базы урана в этот период — создание резерва разведанных месторождений в районах действующих комбинатов для планирования строительства новых рудников и объектов ПВ на ближайшую и отдаленную перспективу. Кроме упомянутых выше месторождений, вовлеченных уже в эксплуатацию в этих районах, силами экспедиций (точнее «Производственных геолого-разведочных объединений») Мингео СССР выявлены и в той или иной мере разведаны многие новые месторождения урана.

На Украине Кировским ПГО, кроме Мичуринского и Ватутинского месторождений, в Кировоградском районе открыты и разведываются Северинское (1968 г.), Центральное (1973 г.), Новокопачинское (1975 г.), Лесное (1976 г.), Докучаевское (1977 г.) и другие. Эти открытия коренным образом изменили сырьевую базу Восточного горно-обогатительного комбината, резко увеличили разведанные запасы и создали весьма благоприятные условия для ее дальнейшего роста.

В Северном Казахстане Степное ПГО выявило три новых рудных поля с месторождениями урана. Вслед за Грачевским месторождением было открыто еще несколько месторождений, образующих единое Грачевское рудное поле: Косачинское (1973 г.), Сартубек (1975 г.), Февральское (1971 г.), Бурлукское (1972 г.). Определилось промышленное значение Шатского рудного поля с месторождениями Шат I, Шат II, а также Глубинным (1968 г.) и Агашским (1975 г.). В районе месторождения Шоппак выявлено крупное месторождение Камышовое.

В самой восточной части Северного Казахстана геологами Целинного комбината открыто и разведано достаточно крупное месторождение Семизбай гидрогенного типа. Все эти открытия существенно расширили сырьевую базу Целинного комбината и обеспечили его дальнейшее развитие.

В Забайкалье, на Стрельцовском рудном поле, одновременно со строительством рудников Приаргунского комбината Сосновское ПГО в большом объеме проводило поисковые и разведочные работы.

В Центральных Кызылкумах были разведе-

ны месторождения Кетменчи, Лявлякан и Бешкак.

В Чу-Сарысуйской депрессии Волковским ПГО, кроме названных выше, были выявлены и вовлечены в разведку месторождения Моинкум, Торткудук, Инкай и др.

Зеленогорская экспедиция выявила в Зауралье (Курганская обл.) Далматовское месторождение песчаникового типа, пригодное для отработки ПВ.

В целом к концу рассматриваемого периода (к 1981 г.) в Советском Союзе сложилась надежная сырьевая база урановой промышленности, удовлетворяющая потребности быстроразвивавшейся ядерной энергетики. Вместе с тем рост разведанных запасов урана, происходивший со значительным опережением роста добычи, позволил создать хороший задел для дальнейшего развития уранодобывающей промышленности в нашей стране. В подтверждение этому достаточно сказать, что из всех известных месторождений урана в эксплуатации горным способом находилась в это время только половина, а ПВ — одна треть; остальные месторождения разведывались, представляя базу для планирования роста добычи на ближайшую и отдаленную перспективу. Важно также подчеркнуть, что с развитием поисковых и разведочных работ доля месторождений с малыми запасами (в сотни тонн урана) в рассматриваемый период резко уменьшилась. Месторождения среднего масштаба с запасами в тысячи тонн еще полностью не утратили своего значения, но доля их уменьшилась с 68% в 1950 г. до 14,5% в 1980 г. Они играли второстепенную роль, причем только в районах действующих комбинатов. Основной базой развития добычи урана стали месторождения с запасами в десятки тысяч тонн урана, доля которых в общих запасах урана в стране в 1980 г. составила 85%.

Следует особо подчеркнуть, что в рассматриваемый период наряду с крупными ординарными (10—50 тыс. т) были выявлены уникальные по масштабам месторождения Новокопачинское на Украине и Стрельцовское с Антеем в Забайкалье. Подобные по масштабам месторождения песчаникового типа были выявлены в Чу-Сарысуйской и Сыр-Дарьинской депрессиях. С учетом изложенного выше основные направления дальнейших

поисковых и разведочных работ на уран в нашей стране определялись следующим образом:

в районах действующих комбинатов — поиски и разведка месторождений крупного и среднего масштаба, обеспечивающих строительство экономически рентабельных новых рудников в целях увеличения добычи сырья на существующих комбинатах или для компенсации выбывающих мощностей;

за пределами этих районов — поиски и разведка должны быть направлены на выявление новых урановорудных районов или полей с месторождениями крупного и среднего масштаба с суммарными запасами, обеспечивающими создание в перспективе новых экономически рентабельных предприятий по добыче и переработке урановых руд.

В восточно-европейских странах для рассматриваемого периода было характерно дальнейшее планомерное развитие сырьевой базы уранодобывающих предприятий. В большом объеме проводили доразведку флангов и глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений и предварительную разведку вновь выявленных.

На территории ГДР СГАО «Висмут» закончило предварительную разведку и приняло на баланс по Роннебургскому рудному полю запасы новых месторождений: Дрозен, Беервальде, Менсдорф, Хазельбах, Райтцхайн, Корбуссен. В целом за этот период прирост запасов по СГАО «Висмут» на 18% превысил их погашение добычей.

Значительно расширилась и углубилась сырьевая база уранодобывающих предприятий Чехословакии. Основной прирост запасов урана был получен в результате форсированной разведки месторождений песчаникового типа в меловых отложениях Стражского блока (Северная Чехия).

На базе разведанных месторождений Гамр и Страж с 1971 г. началась добыча урана ПВ, которая из года в год увеличивалась и в 1975 г. достигла 33% общей добычи по Чехословакии. Это позволило в значительной степени компенсировать снижение добычи урана в богатых рудах на месторождении Пршибрам, происшедшее в связи с сокращением запасов по основным рудным узлам. В целом прирост запасов в Чехословакии превысил погашение в 2,3 раза.

Важнейшим результатом поисковых и разведочных работ в Болгарии в данный период

стало открытие песчаниковых месторождений Момино, Хасково, Мудрец, Владимирово, Навысен в третичных отложениях Верхнефракийской депрессии.

Развитие геолого-разведочных работ в Болгарии позволило в короткие сроки расширить сырьевую базу предприятия «Редкие металлы» более чем в 3,5 раза и обеспечить постепенное повышение добычи урана.

В Венгрии уранодобывающее предприятие «Боксит» одновременно с добычей урановых руд на единственном в стране месторождении Мечек продолжало детальную горно-буровую разведку шахтных полей всех трех рудников и осуществляло буровую разведку глубоких горизонтов и дальних флангов месторождения. Абсолютный прирост запасов урана в недрах в 1,9 раза превысил погашение запасов отработкой.

Таким образом, из приведенного краткого обзора развития сырьевой базы горнодобывающих предприятий восточно-европейских стран следует, что добыча урана в истекший период была обеспечена детально разведанными запасами. Прирост запасов по всем предприятиям с избытком компенсировал запасы, погашенные добычей. Имеются реальные перспективы роста их сырьевой базы за счет реализации прогнозов.

Задачи и направления геолого-разведочных работ на период после 1980 г. определялись Программой дальнейшего развития добычи урана в Советском Союзе, разработанной ПГУ Минсредмаша, которая, в свою очередь, с одной стороны обуславливалась потребностями развития ядерной энергетики и оборонной промышленности нашей страны, а с другой — реальными возможностями сырьевой базы, разведанной в предыдущий период. Имевшиеся к 1981 г. разведанные запасы категорий C_1 и C_2 , а также обоснованные прогнозные ресурсы на известных месторождениях в районах действующих комбинатов позволяли наметить программу добычи вплоть до 2000 г. Эта программа предусматривала общее увеличение добычи урана более чем в 2 раза, а увеличение добычи ПВ почти в 4,5 раза. Важно иметь в виду, что развитие добычи в этот период предполагалось только в районах действующих комбинатов, строительство предприятий в новых районах не предусматривалось. Обеспеченность программы развития добычи урана запасами категории C_1 по состоянию на 1 января

1981 г. составляла всего 119%, по сумме категорий $C_1 + C_2$ — 217%, а вместе с прогнозными ресурсами $C_1 + C_2 + P_1$ — 308%. Поэтому одновременно Мингео СССР совместно с ПГУ Минсредмаша был составлен перспективный план дальнейшего расширения разведанных запасов категории C_1 . Планировавшийся прирост запасов категории C_1 в объеме, примерно в 2 раза превышающем объемы их погашения добычей, в целом, с позиции геологов, представлялся реальным и обеспечивался разведанными к тому времени запасами категории C_2 и обоснованными прогнозными ресурсами на известных или новых месторождениях в районах действующих комбинатов. Естественно, по отдельным комбинатам ситуация в этом плане существенно различалась.

Однако обеим этим программам не суждено было осуществиться, так как с середины 80-х годов возобладало мнение об отсутствии необходимости наращивать добычу урана, напротив, быстрыми темпами началось ее сокращение. Эти перемены сказались, естественно, и на геолого-разведочных работах.

Коротко о том, как складывалась ситуация по комбинатам и районам в период 1981—1991 гг.

Ленинабадский ГХК. Развитие его сырьевой базы в 1981—1990 гг. характеризуется большим общим увеличением запасов урана в недрах, главным образом, за счет месторождений, пригодных к эксплуатации способом подземного выщелачивания (с 29,8 тыс. т на 01.01.81 до 56,5 тыс. т на 01.01.91 по категории C_1 , т.е. в 1,90 раза).

Четверть прироста была получена в результате проведенных комбинатом геолого-разведочных работ на флангах эксплуатируемых месторождений Северный и Южный Букинай в Кызылкумах.

Основной же прирост был получен по завершении разведки Краснохолмским ПГО и передачи им комбинату месторождений Северный Карамурун (1982 г.) и Ирколь (1987 г.), расположенных в Сыр-Дарьинской депрессии на территории Казахстана, Выявлены и разведуются крупные месторождения Харасан, Заречное, Асарчик и многие другие.

Киргизский горнорудный комбинат до 1990 г. продолжал эксплуатационные работы горным способом на гидротермальных месторождениях Кызылсайского и Ботабурумского районов, где одновременно проводилась гео-

лого-разведка, в результате которой до 1986 г. погашение урана добычей в значительной степени компенсировалось приростом запасов промышленных категорий.

Как уже отмечалось, Киргизский ГРК добывал уран из недр ПВ, начиная с 1980 г. на месторождениях Уванас и Канжуган, а с 1985 г. — и на месторождении Мынкудук. С 1990 г. на месторождениях, обрабатываемых ПВ, погашаемые добычей запасы в значительной мере восполнялись геолого-разведочными работами комбината. По категории C_1 был получен прирост в 18,5% запасов, числившихся на балансе комбината по состоянию на 01.01.1981. Однако основной прирост сырьевой базы для ПВ обеспечивался работами ПГО «Волковгеология».

После передачи КГРК в 1983 г. детально разведанных и утвержденных ГКЗ запасов крупного месторождения Мынкудук и в 1989 г. месторождения Моинкум сырьевая база комбината выросла более чем три раза (по категории C_1 с 29,6 тыс. т на 01.01.81 до 96,8 тыс. т на 01.01.92). Кроме того, в данном регионе Чу-Сарысуйской депрессии Волковским ПГО в рассматриваемый период были выявлены новые месторождения — Инкай и Буденновское. Предварительная оценка запасов по этим месторождениям свидетельствует об их уникально крупных масштабах, т.е. весьма благоприятных перспективах расширения сырьевой базы уранодобывающих предприятий в Чу-Сарысуйской депрессии.

Навойский горно-металлургический комбинат в рассматриваемый период продолжал добычу урана горным способом на месторождениях Учкудук, Сабырсай и Сугралы и ПВ на тех же объектах, а также на месторождении Кетменчи. Состояние сырьевой базы урана НГМК для всех способов отработки в 1981—1990 гг. характеризуется снижением общего количества запасов (с 102,1 тыс. т до 82,1 тыс. т на 01.01.91). Прирост запасов, полученный в результате проводимых комбинатом геолого-разведочных работ, далеко не полностью компенсировал их погашение добычей — для горной отработки всего на 37,7%, а для ПВ — на 80,5%. При этом перспективы увеличения запасов на предприятиях комбината за счет эксплуатируемых месторождений практически были исчерпаны.

На Целинном горно-химическом комбинате в первой половине 80-х годов добычу урана

почти полностью осуществляли традиционным горным способом одновременно на 10—12 месторождениях, к началу 90-х годов в эксплуатации остались месторождения Восток, Заозерное, Грачевское, Шокпак и Камышовое. Сырьевая база комбината в этот период несколько пополнилась (до 70,6 т на 01.01.91 с 61,1 т на 01.01.81 по категории C_1) доразведкой флангов и глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений Восток, Заозерное, Шокпак, Камышовое, Грачевское, а также в результате завершения разведки гидрогенного месторождения Семизбай. Однако имеющиеся перспективы дальнейшего прироста запасов урана в сфере деятельности ЦГХК полностью реализованы не были, так как к 1991 г. геолого-разведочные работы на уран комбинат прекратил.

Прикаспийский горно-металлургический комбинат в 1981—1990 гг. продолжал эксплуатационные работы открытым способом на месторождениях Меловое и Томак. Его сырьевая база систематически снижается (с 39,9 тыс. т на 01.01.81 до 29,9 тыс. т на 01.01.91), так как прироста запасов практически нет, поскольку перспективы их увеличения на месторождениях, а также в данном регионе полностью исчерпаны.

Восточный горно-обогащительный комбинат в рассматриваемый период продолжал эксплуатацию Желтореческого, Мичуринского и Ватутинского месторождений традиционным горным способом, а месторождений Девладовское и Братское способом ПВ. Запасы этих месторождений неуклонно снижались, получаемый в результате геолого-разведочных работ прирост запасов компенсировал погашение не более чем на 45—50%. В то же время, как уже отмечалось выше, работами Кировского ПГО в предыдущий период в Кировоградском районе были выявлены новые месторождения, в том числе уникальное крупное Новокопстантиновское, разведка части которых была завершена и запасы переданы ВостГОКу (Северинское, Центральное и др.), а на других успешно продолжалась (Новокопстантиновское, Докучаевское и др.). Таким образом, состояние сырьевой базы ВостГОКа оставалось хорошим, позволявшим развивать мощности по добыче урановых руд.

На территории России в 1981—1990 гг. добычу урана осуществляли в трех регионах — в

Забайкалье (ПГХК), на Северном Кавказе (ГХРУ) и Зауралье (МРУ).

В Зауралье Малышевское рудоуправление проводило опытно-промышленную добычу урана ПВ на Далматовском месторождении, детально разведанном Зеленогорской экспедицией. Результаты опытно-промышленных работ в целом оказались положительными. Запасы месторождения утверждены ГКЗ и характеризуют его как объект среднего масштаба. Технико-экономические расчеты свидетельствуют о возможности его рентабельной отработки.

В целом можно отметить, что в 1981—1991 гг., несмотря на происходившее с середины 80-х годов сокращение геолого-разведочных работ, сырьевая база природного урана в СССР развивалась. В сумме по предприятиям Минсредмаша балансовые запасы $C_1 + C_2$ увеличились с 665 тыс. т на 01.01.81 до 765 тыс. т на 01.01.91.

В заключение следует отметить, что к 1991 г. в Советском Союзе была создана крупнейшая в мире минерально-сырьевая база урана, которая по сумме категорий $C_1 + C_2$ составляла примерно 2,1 млн. т, около 36% (0,765 млн. т) их находилось на балансе горнодобывающих предприятий Минсредмаша.

После распада СССР около 75% учитывавшихся запасов урана остались за пределами России и состояние ее минерально-сырьевой базы по урану достаточно напряженно. В настоящее время в России работает единственное предприятие по добыче и переработке урановых руд — АО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (АО ППГХО), обрабатывающее месторождения Стрельцовского рудного поля. Выше отмечалось, что более высокорентабельные богатые руды, пригодные для добычи открытым способом, к настоящему времени практически полностью отработаны. Из оставшихся в этом рудном поле разведанных запасов урана, как показала геолого-экономическая переоценка, лишь около 40% являются активными, обеспечивающими рентабельную работу предприятия в современных условиях в течение 15 лет. Чтобы не допустить кризиса в обеспечении потребностей страны урановым сырьем, необходимо резкое расширение геолого-разведочных работ по созданию новых сырьевых баз урана России, прогнозные ресурсы которых оцениваются в 1 млн. т. Имеются объективные гео-

логические предпосылки их реализации, в частности в Зауральском урановорудном районе, Западно-Сибирском ураноносном районе (Кемеровская обл.) и других районах. Однако в последнее пятилетие (1992—1996 гг.) объемы геолого-разведочных работ неуклонно сокращались, а в 1996 г. они практически остановлены из-за отсутствия финансирования.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНА И ЗОЛОТА

Добыча урана методом подземного и кучного выщелачивания

По мере увеличения объемов добычи урановых руд часть урана оставалась в недрах, в так называемых непромышленных запасах, т. е. в рудах, добыча и переработка которых была экономически нерентабельной. В одних случаях это обуславливалось низким содержанием металла в рудах и их относили к категории забалансовых, в другом — сложностью горно-технических условий, требующих больших капитальных вложений уже на стадии подготовки месторождений к эксплуатации.

Особенно неблагоприятны для отработки традиционным горным способом некоторые пластовые гидрогенные месторождения осадочного типа, образовавшиеся в результате геохимической деятельности подземных вод. Разработка гидрогенных месторождений традиционным горным способом требует предвзятельного осушения, специальных методов проходки горных выработок и т. п., что значительно удорожает себестоимость добычи. Кроме того, из-за прихотливой морфологии рудных тел, неустойчивости рудовмещающих пород в процессе добычи неизбежны значительные потери урана в недрах и высокое разубоживание добываемых руд.

При отработке гидротермальных месторождений урана традиционным горным способом возникает другая проблема. Значительные запасы забалансовых руд, отработка которых экономически невыгодна даже при одновременной их выемке с балансовыми рудами, остаются в недрах и навсегда утрачиваются.

В связи с этим на основе успехов науки, позволивших управлять ходом геохимических и гидрогеологических процессов в недрах земли, изменять их и эффективно извлекать уран из водных растворов с помощью ионообменных

смолов в 1961 г. в отрасли были начаты исследования новых способов добычи урана.

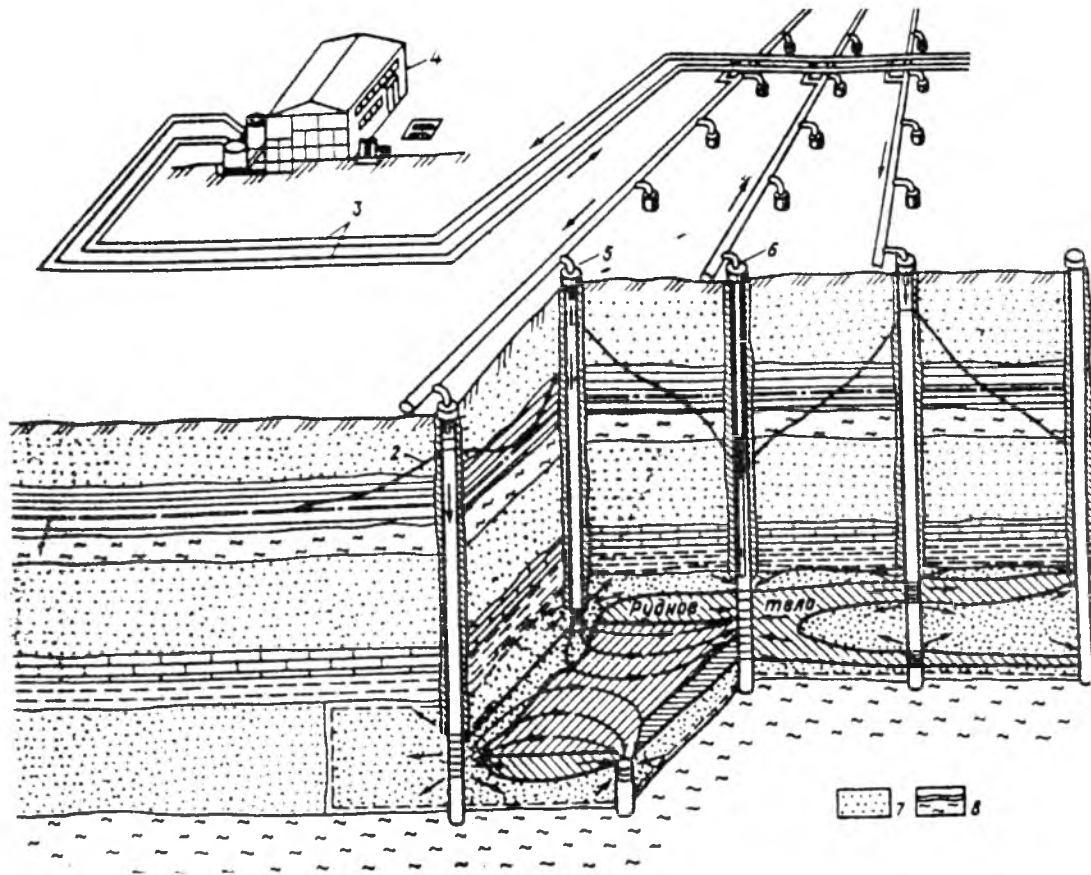
Из разработанных способов наиболее эффективным для некоторых пластовых месторождений оказался метод подземного выщелачивания (ПВ), сущность которого заключается в том, что введением в продуктивный пласт химических реагентов полезный компонент переводится в раствор и в таком виде извлекается на поверхность. Для осуществления ПВ используют скважины, пробуренные по определенной схеме с таким расчетом, чтобы наиболее выгодно подавать в пласт растворы и выдавать их на поверхность. Извлеченные растворы направляются на сорбционные колонны, расположенные, как правило, в непосредственной близости от добычного полигона, а конечный продукт в виде концентрата — на гидрометаллургический завод для окончательной доводки.

Принципиальная возможность отработки месторождений урана ПВ впервые обсуждалась в 1956 г., но из-за отсутствия в то время компактных сорбционных реагентов в виде ионообменных смол исследования по его применению были начаты только в 1961 г. силами ЦНИЛ Восточного горно-обогатительного комбината (ВГОК) на базе данных, полученных по Девладовскому месторождению.

Основанием для постановки опытных работ непосредственно на месторождении послужили благоприятные условия: естественная обводненность руд, сравнительно небольшая глубина их залегания, хорошие фильтрационные свойства основной части продуктивного пласта, наличие в подошве и кровле рудного горизонта водоупоров и небольшой расход химических реагентов при высоком извлечении урана из руд.

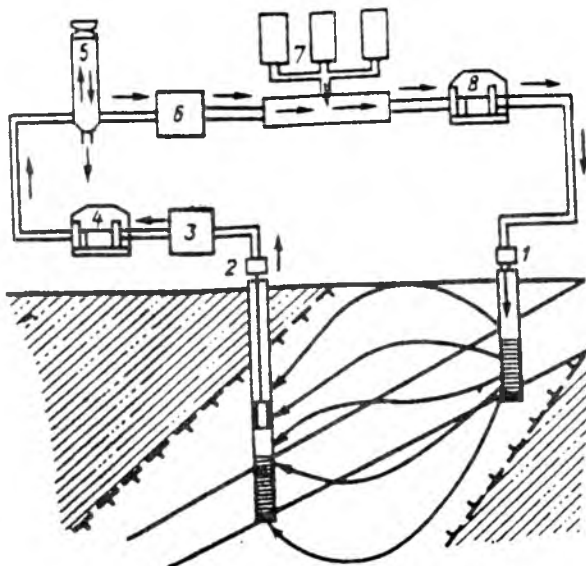
В 1962 г. на месторождении были начаты опытно-экспериментальные работы по извлечению урана из руд методом ПВ. На фланговом участке месторождения была смонтирована небольшая опытная установка, состоящая из шести нагнетательных и одной разгрузочной скважины и небольшой сорбционной колонны. Эксперимент 1962 г. показал, что ПВ может быть с успехом использовано для отработки всего Девладовского месторождения.

В 1963—1964 гг. продолжались экспериментальные работы, в процессе которых были получены исходные данные для проектирования промышленной установки.



Принципиальная технологическая схема предприятия ПВ:

1, 2 — уровень воды соответственно статический, динамический; 3 — магистральные трубопроводы; 4 — установка по переработке продуктивных и приготовлению рабочих растворов; 5, 6 — скважины соответственно закачная, откачная; 7 — водоносные пески; 8 — водоупорные породы



Принципиальная схема опытного участка ПВ:

1, 2 — скважины соответственно закачная, откачная; 3 — узел очистки продуктивных растворов; 4, 8 — насосная станция; 5 — узел переработки; 6 — узел очистки растворов после сорбции; 7 — узел приготовления рабочих растворов

Все основные принципиальные процессы, связанные с особенностями ПВ, к 1965 г. прошли испытания и были апробированы в промышленном масштабе. С 1965 г. опытно-исследовательские работы постепенно переросли в полупромышленную и промышленную стадии отработки месторождения.

В 1965 г. ВГОК было разработано проектное задание на частичную отработку месторождения со строительством промышленного комплекса производительностью 60 т урана в год. Комплекс был введен в эксплуатацию в 1968 г.

В 1967 г. было разработано комплексное проектное задание на отработку всего месторождения ПВ с годовым выпуском 150 т урана, в 1971 г. проектная производительность была освоена.

В течение 1968—1975 гг. на месторождении Девладово параллельно с эксплуатационными работами изучали оптимальные условия процесса выщелачивания.

Идея о возможности добычи урана ПВ на месторождении Учкудук Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) зародилась в 1961 г. при решении вопроса очистки шахтных вод, содержащих значительное количество урана, а также из-за опасения, что при осушении месторождения будет наблюдаться интенсивное выщелачивание урана и потери его с откачиваемыми водами.

В 1962 г. экспериментальные и опытно-промышленные испытания ПВ были осуществлены на локальной залежи № 30 Учкудукского месторождения. Лабораторные исследования показали, что в пластовых условиях наиболее эффективно ПВ с применением 2—5%-ной H_2SO_4 . Гидродинамическая схема выщелачивания была аналогична применяемой на месторождении Девладово.

Опытные работы, выполненные в течение 1963—1968 гг., подтвердили возможность добычи урана ПВ в промышленном масштабе.

При ведении традиционных горных работ значительная часть месторождения Учкудук подвергалась осушению, поэтому было необходимо изучить возможность подземного выщелачивания урана с учетом водопонижения. Анализ развития дренажных работ позволил выделить для отработки ПВ несколько рудных залежей на флангах месторождения (участок Айтым, рудная залежь № 91), а также изучить возможность отработки выщелачиванием глубоко залегающих

рудных залежей, еще не затронутых осушением. Таким образом, была обоснована возможность отработки части запасов месторождения ПВ одновременно с отработкой основных запасов традиционным горным способом. Опытные и опытно-промышленные работы на участке Айтым были выполнены успешно, что позволило в 1972 г. довести добычу урана ПВ по участку до проектной мощности.

Несмотря на очень сложное геологическое строение рудных залежей участка Айтым (мелкие разрозненные рудные залежи, приуроченные к мощному, до 80 м, водопроницаемому горизонту песков), работы по подземному выщелачиванию доказали высокую рентабельность добычи урана этим методом и позволили расширить сырьевую базу Северного рудоправления НГМК вовлечением в отработку забалансовых (относительно традиционного горного способа) запасов урана.

В 1974 г. на месторождении Учкудук приступили к подземному выщелачиванию урана из более богатых балансовых руд залежи № 91 (участок 103), находящихся в благоприятных геологических условиях (выдержанные рудные тела внутри водопроницаемого горизонта с хорошо выдержанными водоупорами). Первые результаты по подземному выщелачиванию урана из этой залежи показали также высокую эффективность относительно традиционного горного способа добычи.

При проектировании институтом ПромНИИпроект отработки месторождения Сабыр-сай НГМК в 1967 г. впервые в практике проектных работ наряду с вариантом отработки месторождения традиционным горным способом рассматривали вариант подземного выщелачивания. Однако при разведочных работах возможность отработки месторождения ПВ практически не изучали и должным образом новый способ отработки в проекте не был обоснован.

В 1968 г. приступили к изучению возможности отработки месторождения способом подземного выщелачивания. Опытные работы, выполненные в 1968—1970 гг., показали, что в условиях данного месторождения добыча урана ПВ возможна, однако, полевые испытания прошли неудовлетворительно из-за недоработок конструкций скважин и некоторых других технических и организационных причин и его внедрение затянулось.

В 1973 г. на месторождении возобновили

опытные работы, во время которых была внедрена в производство надежная конструкция технологических скважин для глубин 250—300 м. Положительные результаты опытных работ позволили построить в 1975 г. по проекту НГМК технологический комплекс по добыче урана в промышленном масштабе. Мощность предприятия по добыче урана ПВ на данном месторождении в последующие годы постоянно увеличивалась, предприятие работает и в настоящее время.

Выполненные в 1968—1975 гг. полевые и опытно-промышленные работы по подземному выщелачиванию на месторождениях Сабырсай и Кетменчи НГМК обеспечили существенное увеличение сырьевой базы Южного рудоуправления НГМК (примерно в 2 раза) в результате вовлечения в эксплуатацию запасов, нерентабельных к отработке традиционным горным способом.

Разведка месторождения Северный Букинай в 1959—1962 гг. установила нерентабельность его отработки традиционным горным способом. На основании постановления Совета Министров СССР от 3 октября 1967 г. № 926-303 приказом министра среднего машиностроения СССР от 3 ноября 1967 № 0300сс Ленинабадскому горно-химическому комбинату (ЛГХК) совместно с Краснохолмской экспедицией Министерства геологии СССР и институтом ПромНИИпроект было поручено провести опытные, а затем опытно-промышленные работы по подземному выщелачиванию урана на этом месторождении в целях получения исходных данных для проектирования на его базе промышленного предприятия. Положительные результаты опытных работ по подземному выщелачиванию, выполненных в 1968 г., позволили отнести месторождение Северный Букинай в разряд промышленных. В 1969 г. институт ПромНИИпроект приступил к проектированию первой очереди промышленного предприятия по отработке месторождения Северный Букинай способом подземного выщелачивания. Северный Букинай — первое крупное месторождение урана, запасы которого были утверждены ГКЗ СССР для отработки способом подземного выщелачивания.

В непосредственной близости от месторождения Северный Букинай в 25—30 км находится месторождение Южный Букинай, на котором в 1969—1971 гг. были проведены опытные

работы НГМК. В 1972 г. решением министра месторождение было передано НГМК для промышленного освоения. В 1961 и 1970 гг. были выявлены месторождения Лявлякан и Бешкак, находящиеся севернее месторождения Северный Букинай, пригодные для отработки ПВ.

По заданию министра ПромНИИпроект в 1971 г. разработал ТЭО строительства единого предприятия по отработке ПВ месторождений Северный Букинай, Южный Букинай, Бешкак и Лявлякан. Впервые в отрасли была доказана техническая возможность и экономическая целесообразность строительства крупного предприятия по добыче урана подземным выщелачиванием, а в 1974 г. был выпущен технический проект на строительство единого предприятия на базе Букинайской группы месторождений (Рудоуправление № 5 ЛГХК). Предприятие было введено на полную мощность и продолжает работать в настоящее время.

На базе этих месторождений ЛГХК было создано самое крупное в отрасли предприятие по добыче урана ПВ. Подземное выщелачивание урана в широком промышленном масштабе стало возможным после открытия новых крупных месторождений урана, приуроченных к обводненным пластам песков: в Кызылкумской провинции (месторождения Учкудук, Сабырсай, Кетменчи, Северный Букинай, Южный Букинай, Бешкак, Лявлякан), в Прикартаусском районе (месторождения Кызылколь, Лунное, Чайан, Карамурун, Ирколь и др.), в Чу-Сарысуйской депрессии (месторождения Уванас, Жалпак, Канжуган, Мынкудук и др.).

Данные промышленной эксплуатации, а также выполненные научные исследования, полевые опыты и проектные проработки по ПВ из гидрогенных месторождений показали его основные преимущества по сравнению с традиционным горным способом отработки месторождений:

меньшая капиталоемкость добычных предприятий;

более высокая производительность труда (не менее чем в 2 раза);

сокращение сроков промышленного освоения;

более безопасные и комфортные условия труда;

возможность высокой степени автоматизации производственных процессов;

вовлечение в производство месторождений, нерентабельных к обработке традиционным горным способом;

отсутствие отвалов пустых пород, занимавших большие площади земной поверхности.

Выщелачиванием урана из руд гидротермальных месторождений в отрасли начали заниматься еще в 1955 г., когда на Табошарском руднике ЛГХК стали извлекать уран из забалансовых руд орошением в траншеях, затем в чанах, что явилось как бы прототипом кучного выщелачивания урана.

В 1961 г. практически одновременно с проведением исследовательских и опытных работ по выщелачиванию урана из гидрогенных месторождений были начаты опытные работы по извлечению урана выщелачиванием на гидротермальных месторождениях из предварительно раздробленных бедных и забалансовых руд на месте их залегания.

Впервые эти работы были проведены на Быкогорском месторождении Горно-химического рудоуправления (ГХРУ) и Табошарском месторождении ЛГХК.

На Быкогорском месторождении опытные работы в основном были окончены с положительными результатами к моменту обработки балансовых руд (1965 г.).

Несмотря на низкое содержание урана в забалансовых рудах (0,014—0,02%) и трудности, связанные с внедрением и освоением новой технологии, добыча урана ПВ из скальных руд быстро достигла промышленных масштабов, причем технико-экономические показатели оказались лучше, чем при добыче балансовых руд. Все это позволило значительно продлить срок существования рудника № 2 и повысить полностью использования запасов месторождения.

В течение почти 25 лет (1966—1990 гг.) рудник № 2 эффективно обрабатывал и забалансовые запасы Быкогорского месторождения ПВ из предварительно разрушенной руды.

Технологическая схема ПВ Быкогорского месторождения включала следующие основные операции: отбойку и подготовку руды к выщелачиванию на месте ее залегания, выщелачивание урана из руды блока (камеры), извлечение урана из товарных растворов, подкисление маточников и возврат их на орошение руды в блоках. Для выщелачивания урана использовали 3%-ный водный раствор серной кислоты.

Постоянное совершенствование конструкции

блоков (камер) позволило снизить удельный вес дорогостоящей и трудоемкой мелкошпуровой отбойки с 12 до 2,7%, что не только компенсировало денежные затраты, выросшие в связи с уменьшением выхода горной массы с 1 п. м скважины, но и дало положительный экономический эффект, при этом производительность труда рабочего горного цеха увеличилась в 1,5 раза, а среднемесячная производительность блока составила более 7 тыс. т руды.

Опыт Быкогорского месторождения показал, что в некоторых случаях ПВ может быть применено для добычи урана из «скальных» руд гидротермальных месторождений, а также из отработанных ранее блоков с наличием в обрушенном или заполненном выработанным пространстве рудосодержащих пород.

На Ленинадском горно-химическом комбинате к концу 60-х годов заканчивалась обработка части гидротермальных месторождений урана традиционным горным способом. В недрах оставалась значительная часть металла в забалансовых рудах и целиках, обрабатывать которые этим способом с последующим гидрометаллургическим переделом и транспортными затратами оказалось нецелесообразно.

В связи с этим Комбинат провел ревизию отработанных участков, месторождений и забалансовых ореолов рудных тел. Было принято решение по извлечению металла из шахтных вод на месторождении Табошар, где обработка запасов была завершена еще в 1957 г.

На месторождении Чаркасар II обработка балансовых запасов традиционным подземным горным способом закончена в 1971 г. После этого уран добывали выщелачиванием из забалансовых руд, залегающих в виде самостоятельных рудных тел, а также из руд в виде оторочек и потерь в ранее отработанных блоках. В первом случае выщелачивание проводили из предварительно дробленных руд, во втором — из зон обрушения ранее отработанных блоков.

В 1973 г. на месторождении Кииктал с убогим содержанием урана (0,018%) был выполнен комплекс, состоящий из подземных горных выработок, технологических скважин, поверхностной сорбционной установки. Затем было произведено закисление рудного массива без предварительного дробления. В результате опытных работ был получен уран в растворах, что позволило сделать вывод о практической возможности его извлечения по данной техно-

логии при определенных горно-геологических условиях.

В настоящее время добычу урана методами подземного и кучного выщелачивания из руд гидротермальных месторождений в промышленных масштабах осуществляют на Приаргунском горно-химическом комбинате, где в ближайшие годы намечено значительно увеличить ее и, в первую очередь, кучным выщелачиванием из относительно богатых балансовых руд. Предварительные проектные проработки показали экономическую целесообразность внедрения этой технологии.

60—70-е годы явились годами становления, разработки и внедрения в горное производство отрасли нового прогрессивного способа добычи урана химическим растворением его на месте залегания руд без предварительного их извлечения на поверхность.

Все это позволило Ленинабадскому горно-химическому комбинату, Навоийскому горно-металлургическому комбинату, Восточному горно-обогатительному комбинату и Горно-химическому рудоуправлению приступить в эти годы к добыче урана подземным выщелачиванием в промышленном масштабе.

Открытие новых крупных месторождений гидрогенного типа, приуроченных к обводненным пластам песков, в Кызылкумской провинции, в Прикартаусском районе и Чу-Сарысуйской депрессии дало возможность применять этот способ добычи в промышленном масштабе, чему было уделено самое серьезное внимание руководства Минсредмаша и Первого главного управления.

Добыча урана подземным и кучным выщелачиванием из года в год росла и к началу 90-х годов составила около 37% общей добычи по Главку.

Технология добычи и переработки золота

Открытое геологами Узбекской ССР в 1958 г. месторождение Мурунтау в течение 1961—1968 гг. разведывала и изучала Кызылкумская экспедиция Министерства геологии Узбекской ССР.

Первый этап, охватывающий 1961—1964 гг., завершился утверждением запасов в ГКЗ по состоянию на 01.04.65, которые и были положены в основу проектирования первой очереди предприятия.

Второй этап, охватывающий период 1965—1968 гг., завершился утверждением запасов в ГКЗ по состоянию на 01.04.69. В этом подсчете существенно увеличились общие запасы золота по сравнению с предыдущим подсчетом (в 1,7 раза), что позволило проектировать и строить вторую очередь предприятия с увеличением производительности карьера и завода до 10 млн. т руды в год.

Третий этап разведки проводился в период строительства предприятия и эксплуатации месторождения. В этот период разведку осуществлял Навоийский горно-металлургический комбинат бурением на флангах месторождения и подземными горными выработками в комбинации с бурением на нижних горизонтах месторождения.

В связи с принятой технологией отработки месторождения уступами высотой 10 и 7,5 м и необходимостью переоконтуривания залежей по результатам разведки был произведен пересчет запасов, утвержденный ПГУ Минсредмаша по состоянию на 01.01.75 и положенный в основу проектирования и строительства третьей очереди предприятия с доведением производительности карьера и завода до 15 млн. т руды в год.

Обеспечение таких высоких темпов наращивания мощностей предприятия стало возможным благодаря высокой и четкой организации строительства и производства, наличию высококвалифицированных кадров, постоянному внедрению на горных работах и в переработке руд новейших технологий, более производительному и надежному оборудованию.

Первоначально горные работы по вскрытию месторождения были начаты с использованием имеющейся на НГМК отечественной техники. На разработке горной массы использовали экскаваторы ЭКГ-4; 4,6, на бурении скважин — станки 2-СБШ-200, на транспортировке руды и породы — автосамосвалы КрАЗ-222; 256 грузоподъемностью 10—12 т и бульдозеры Д-271 и 275 на базе трактора С-100. В результате ежегодный объем горной массы, выдаваемой с карьера, не превышал 8—10 млн. м³.

Для более быстрого развития горных работ с первой половины 70-х годов началось внедрение более производительной отечественной техники: буровых станков СБШ-250; экскаваторов ЭКГ-8И и большегрузных автосамосвалов грузоподъемностью 27 т — БелАЗ-540, а с середи-

ны 70-х годов — 40-тонных БелАЗ-548А. В результате объемы добычи руды и вскрышных работ удалось довести к концу 70-х годов до 35—37 млн. м³ в год, а производительность труда рабочих горного цеха увеличить в 1980 г. в 1,85 раза по сравнению с 1970 г.

С 1971 г. на карьере было начато освоение и внедрение новой технологии селективной выемки руд на очистных работах с применением импортных бульдозеров-рыхлителей Д9Ж и фронтальных погрузчиков «Интер-570» при отработке разрозненных рудных тел небольшого размера с относительно высоким содержанием золота. Эта технология позволила повысить содержание золота в добытой руде на 3—5%. Кроме того, бульдозеры-рыхлители и фронтальные погрузчики нашли широкое применение на заоткоске бортов карьера и перегрузочном пункте.

Практически все экскаваторы и буровые станки в 1978 г. у были оборудованы кондиционерами воздуха КТ-4.

При постоянном увеличении глубины карьера сохранить достигнутый уровень объемов добычи и выдачи горной массы и обеспечить необходимые санитарно-гигиенические условия в карьере можно было только при условии дальнейшей замены транспортной и бульдозерной техники более производительной с одновременным сокращением расстояния транспортировки пустых пород в отвал автосамосвалами.

Для транспортировки горной массы был принят вариант комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта.

При использовании этого варианта вскрышные породы и руду после загрузки экскаваторами циклического действия в автосамосвалы доставляют на дробильно-погрузочные пункты, расположенные на концентрационных горизонтах карьера, откуда породу вскрыши ленточными конвейерами транспортируют на отвалообразователи и затем в отвалы, а руду на шихтовый склад.

Основываясь на результатах исследований ИГТМ АН УССР, институт УкрНИИпроект в 1973 г. выпустил проект комплекса циклично-поточной технологии (ЦПТ) золоторудного карьера Мурунтау для транспортировки вскрышных пород, который состоит из циклического (экскаваторы ЭКГ-8И и ЭКГ-12,5 и автосамосвалы БелАЗ-549 и БелАЗ-7519) и поточного (две конвейерные линии, включающие

четыре конвейера с лентой шириной 2 м и один отвалообразователь каждая) звеньев.

Стыковка циклического и поточного звеньев осуществляется при помощи четырех дробильных перегрузочных пунктов, размещенных на четырех концентрационных горизонтах (через 30 м по глубине карьера), вскрытых крутой (15°) траншеей внутреннего заложения.

В конце 70-х годов была закончена разработка рабочей проектной документации и ПГУ совместно с Ждановским и Ново-Краматорским заводами тяжелого машиностроения приступило к изготовлению мощных высокопроизводительных конвейерных линий. Монтаж первой конвейерной линии был закончен в октябре 1984 г.

Годовая проектная производительность ЦПТ 25,6 млн. м³, фактически достигнутая в 1993 г. около 17 млн. м³.

Одновременно с внедрением циклично-поточной технологии на карьере Мурунтау велось интенсивное обновление техники и совершенствование технологии горных работ.

До 1973 г. на карьере для бурения взрывных скважин использовали шарошечный станок 2СБШ-200.

С начала строительства третьей очереди развития карьера и с увеличением объемов разработки горной массы начали внедряться станки СБШ-250МН, конструкция которых позволяет механизировать вспомогательные операции с минимальными затратами времени. С 1976 г. они полностью вытеснили станки 2СБШ-200, а также стали широко использоваться при бурении скважин эксплуатационной разведки. Достигнутая среднегодовая производительность буровых станков СБШ-250МН на карьере Мурунтау (60—70 тыс. п. м) была одной из самых высоких в СССР.

С 1981 г. начали расширять использование автосамосвалов БелАЗ-549 грузоподъемностью 75—80 т и почти одновременно БелАЗ-7519 грузоподъемностью 110 т, а также мощной высокопроизводительной импортной техники (бульдозеров-рыхлителей Д9Н, Д9Л; фронтальных погрузчиков Н-400С, автогрейдеров 16С; тяжелых виброкатков).

Недостаточная изученность условий локализации оруденения в процессе разведки такого сложноструктурного месторождения, как Мурунтау, потребовала решения целого комплекса вопросов, связанных с эксплуатационной

разведкой, оконтуриванием рудных тел, опробованием, совершенствованием технологии добычных работ, снижением потерь и разубоживания руды при ее добыче.

Большой объем опробования, необходимый для определения количественной и качественной характеристик добываемых золотосодержащих руд, которые визуально не отличимы от вмещающих пород, потребовал изыскания более оперативных методов определения содержания золота в пробах.

Распространенный пробирный анализ определения золота в пробах коренных месторождений весьма трудоемок и продолжителен по времени, что резко снижает возможность оперативного контроля за качеством руды, особенно при значительном масштабе добычи.

Для устранения этого недостатка в проекте третьей очереди карьера ВНИИРТ (ВНИИТФА) разработал, а затем построил опытно-промышленную установку гамма-активационного анализа золотосодержащих проб производительностью 300 тыс. анализов в год.

Метод гамма-активационного анализа основан на регистрации γ -излучения возбужденного тормозным излучением ядра атома золота. Тормозное излучение генерировалось электронами в мишени линейного ускорителя электронов (ЛУЭ-8-5). Заслуга в разработке и изготовлении этого уникального сильноточного высокостабильного ускорителя принадлежит НИИЭФА им. Д.И. Ефремова.

Эксплуатация опытной установки показала, что примененный впервые в мировой и отечественной горной промышленности метод активационного анализа с помощью линейного ускорителя обладает рядом преимуществ по сравнению с другими:

высокой экспрессностью (время анализа одной пробы около 22 с против 8-16 ч пробирным методом);

возможностью анализировать пробы большей массы (до 0,5 кг против 0,05 кг в пробирном методе);

возможностью автоматизировать процесс анализа и выдачи его результатов непосредственно в АСУ ТГР;

более низкой стоимостью по сравнению с пробирным методом.

Весь комплекс, включающий отбор проб, их обработку и подготовку, активационный анализ и обработку результатов опробования, в

настоящее время автоматизирован, что позволяет оперативно управлять качеством добываемой на карьере руды и обеспечивает оптимальное планирование направления горных работ.

После двух модернизаций в 1985 и 1995 гг. (ВНИИТФА, НИИЭФА им. Д.И. Ефремова) производительность установки возросла до 1 млн. анализов в год, разработана и внедрена методика анализа на серебро (около 150 тыс. анализов в год). Это позволяет в настоящее время обслуживать потребности в анализах не только месторождения Мурунтау, но и месторождений Кокпатас, Алтынсай, пробы геолого-разведочных партий.

В связи с большим значением повышения качества добываемых на месторождении руд в 1972—1974 гг. была испытана и внедрена новая технология ведения взрывных работ с сохранением геологической структуры массива на очистных работах, разработанная институтом ПромНИИпроект.

В результате внедрения этой технологии потери и разубоживание руды уменьшились в 1,5 раза с одновременным получением относительно равномерного дробления руды с незначительным выходом негабаритов. В 1996 г. карьер Мурунтау достиг глубины 311 м и обеспечить необходимый плановый объем выдачи горнорудной массы из карьера с соблюдением требуемых санитарно-гигиенических условий труда и поддержанием относительно чистой атмосферы в карьере можно только использованием еще более производительной и экологически чистой горной техники в сочетании с «чистыми» технологиями (ЦПТ), подавлением вредных примесей в местах их образования, а также реализацией комплексной экологической программы охраны окружающей среды, так как открытые работы стали крупным источником промышленных пылегазовых выбросов в атмосферу. Главный источник загрязнения атмосферы карьера — технологический автомобильный транспорт.

Начиная с 1993 г. на карьере ведется плановая работа по замене отечественных автосамосвалов грузоподъемностью 110—120 т импортными автосамосвалами (КАТ 785 и 785В грузоподъемностью 136 т и ЮКЛИД-R-170 грузоподъемностью 170 т), а также использованию фронтальных погрузчиков 992С и 994 с вместимостью ковша соответственно 10,3 и

18 м³, мощных бульдозеров-рыхлителей Д10Н, электрогидравлических экскаваторов с вместимостью ковша 14 и 18 м³, 14-тонных виброкатков и автогрейдеров 16GL и 16G.

Пылегазовые выделения в атмосферу полностью подавить искусственной вентиляцией не удается. В связи с этим в настоящее время для устранения загрязнения воздушной среды на карьере внедряют нейтрализаторы выхлопных газов на автосамосвалах, модернизируют системы выпуска отработанных газов и их очистки пропуском через перевозимую породу и др.

Технологические исследования золотосодержащих руд месторождения Мурунтау, начиная с мая 1963 г. проводил Иргиредмет. По результатам исследований Иргиредмета для проектирования рудоперерабатывающего комплекса был принят классический метод цианирования — полный иловый процесс.

Исследования по разработке более совершенной технологии извлечения золота из руд месторождения Мурунтау были начаты во ВНИИХТ в соответствии с приказом Минсредмаша от 19 июня 1964 г. № 153/27. В течение 1965—1966 гг. ВНИИХТ провел лабораторные исследования и промышленные испытания гравитационно-сорбционной схемы извлечения золота на четырех различных пробах руд месторождения Мурунтау на своем Опытном заводе. В результате проведенных исследований была разработана технологическая схема переработки руд месторождения Мурунтау на основе сорбционно-бесфильтрационного метода извлечения золота из плотных пульп и выданы соответствующие исходные данные для проектирования предприятия по переработке руд.

Технологическая схема переработки руд месторождения Мурунтау, выбранная ВНИПИПТ по результатам технико-экономического расчета различных вариантов (Иргиредмет, ЦНИГРИ, Северокавказский ГМИ, ВНИИХТ) для рудоперерабатывающего комплекса, основана на сорбционно-бесфильтрационном выщелачивании золота из плотных пульп (ВНИИХТ).

Схема переработки руд месторождения Мурунтау, разработанная ВНИИХТ, предусматривает следующие основные технологические операции:

одностадийное первичное дробление руды в конусной дробилке;

бесшаровое измельчение руды в мельницах самоизмельчения типа «Каскад» до 80% класса крупности 0,074 мм;

гравитационное обогащение руды в цикле измельчения с доводкой концентрата отсадки до «золотой головки» с содержанием золота 20—30%;

сорбционное выщелачивание золота из хвостов гравитационного обогащения в присутствии анионообменной смолы марки АМ (в последующем АМ-2Б);

десорбцию золота с насыщенной смолой растворами тиомочевины.

Опытно-промышленные испытания гравитационно-сорбционной технологии были начаты в марте 1966 г. на Опытном заводе Навоийского ГМК, где было переработано 20 тыс. г золотосодержащей руды месторождения Мурунтау, результаты его работы подтвердили эффективность и надежность разработанной ВНИИХТ гравитационно-сорбционной технологии извлечения золота из руд месторождения Мурунтау. В период 1966—1968 гг. сотрудниками ВНИИХТ в содружестве с работниками Навоийского ГМК был выполнен большой объем исследований по отработке схем гравитационного обогащения руды, сорбционного выщелачивания золота из хвостов гравитации и регенерации насыщенных смол.

В 1967 г. была разработана схема доводки первичного гравиоконцентрата, обеспечившая получение богатой «золотой головки» с содержанием золота до 50%.

С апреля 1967 г. на Опытном заводе Навоийского ГМК начали внедрять схему полной регенерации насыщенной смолы с отдельной десорбцией золота и примесей, которая обеспечивает глубокую очистку оборотной смолы от примесей неблагородных металлов (железо, медь, цинк, никель и др.).

С января 1968 г. смолы регенерировали уже по непрерывной схеме с отдельной десорбцией золота и примесей в колонках с движущимся слоем смолы.

В 1968 г. были выполнены исследования по разработке схемы получения аффинированного металлического золота чистоты 99,99%.

В период 1967—1968 гг. академиком Б.Н. Ласкориним и сотрудниками ВНИИХТ на основе большого цикла исследований был разработан синтез более селективной по золоту анионообменной смолы марки АМ-2Б, обладающей од-

новременно высокой механической прочностью и химической устойчивостью в разных средах. Анионообменная смола АМ-2Б является смолой смешанной основности, содержащей низкоосновные бензилдиметиламиновые и высокоосновные бензилтриметиламмониевые группы. С 1968 г. смолу АМ-2Б начал выпускать в промышленном масштабе Приднепровский химкомбинат (г. Днепропетровск, Украина).

Таким образом, решение трех основных задач — создание высокопроизводительного бесфильтрационного оборудования для процесса сорбции золота из плотных пульп; синтез селективной по золоту анионообменной смолы с высокой механической прочностью; разработка надежной схемы регенерации золотосодержащих смол — явилось основой успешного промышленного применения сорбционной технологии в гидрометаллургии золота. Золотоизвлекательный завод (ГМЗ-2) одним из первых в СССР освоил и успешно эксплуатирует мельницы самоизмельчения типа «Каскад» в золоторудной промышленности и первым в мире освоил и использует с высокими показателями технологию сорбционного выщелачивания золота с применением синтетических ионообменных смол высокой селективности и механической прочности.

ГМЗ-2 — единственное в мире предприятие золотодобывающей промышленности, где производственный цикл закончен полностью — от руды до аффинированного металлического золота чистоты 99,99%. Слитки металлического золота соответствуют мировому стандарту, а по качеству и чистоте металла значительно превосходят его требования.

В заключение можно сказать, что организация крупномасштабного производства, применение новейших технологий при добыче и переработке руды, использование на открытых работах высокопроизводительной советской и зарубежной техники позволило получать из бедных руд большое количество золота с вполне удовлетворительными экономическими показателями.

По масштабам добычи и переработки руды и выпуску золота высокой чистоты предприятие не имеет себе равных в отечественной практике и остается одним из крупнейших в мире.

Непосредственное руководство строительством и развитием предприятия осуществляли на месте З.П. Зарапетян, А.П. Щепетков, А.А. Пет-

ров, Н.И. Кучерский, К.П. Павлычев, Л.П. Захаров.

Со стороны Минсредмаша строительством предприятия лично руководили министр Е.П. Славский и начальник ПГУ Н.Б. Карпов.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОМСАНИТАРИЯ НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ

При добыче урановых руд в рудничной атмосфере помимо силикозоопасной пыли, образующейся на всех горнодобывающих предприятиях, имеются естественные радиоизотопы урана, входящие в состав горных пород и руд, и выделяющийся из них радиоактивный газ радон и его продукты распада.

Воздействие ионизирующей радиации на организм возможно в виде внутреннего облучения вследствие попадания радиоактивных элементов внутрь организма и в виде внешнего облучения за счет β - и γ -излучения радиоактивных руд и пород. Кроме того, уран, попадая в организм, действует как токсичное вещество. При сравнительно невысоком содержании урана в рудах основное отрицательное влияние на организм человека оказывает внутреннее облучение. Установлено, что радиационная опасность обусловлена главным образом ингаляционным воздействием содержащихся в рудничной атмосфере радиоактивных аэрозолей, состоящих из короткоживущих продуктов распада радона.

Совместное действие кварцсодержащей пыли и высоких концентраций продуктов распада радона ускоряет развитие силикоза. В первые годы становления отрасли сложность обеспечения радиационной безопасности трудящихся заключалась в отсутствии опыта борьбы с радиоактивными веществами.

Постановлением Совета Министров СССР от 17 декабря 1948 г. № 4632-1810сс/оп работникам, занятым на добыче и переработке урановых руд, был установлен сокращенный рабочий день, предоставлены дополнительный отпуск и бесплатное спецпитание.

В 1954—1955 гг. на предприятиях ПГУ начинают создавать дозиметрические службы, которые должны регулярно измерять загрязненность воздуха радиоактивными токсичными газами и аэрозолями в производственных помещениях, в подземных выработках и на территории предприятий, контролировать загряз-

ненность рабочих поверхностей радиоактивными веществами и их дезактивацию, наличие радиоактивных продуктов в шахтной и питьевой воде, качество санитарной обработки тела работающих и их спецодежды и осуществлять некоторые другие контрольных функции.

Большой вклад в создание этих служб внес промсанврач А. В. Быховский.

Первым методом определения радона, использованным на рудниках ПГУ, был так называемый эманационный метод, выполняемый с помощью электрометра типа СГ-1. В 1962 г. был создан переносной рудничный радиометр РАНаг-1 для измерения содержания радона и его продуктов распада в атмосфере рудников.

Затем Союзным научно-исследовательским институтом приборостроения Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР был разработан и выпущен целый ряд приборов: «Олеандр», «Жимолость», «СПАР», «ТИСС», ДУ-2, РУП-1 и др. для выполнения всей гаммы контроля за наличием радиоактивных веществ.

Полученные в 1995 г. первые систематизированные данные по концентрации радона на подземных работах предприятий ПГУ, были неутешительны. Перед отраслью возникла одна из неотложных задач по резкому улучшению санитарно-гигиенической обстановки на горных предприятиях.

В качестве первого шага ПГУ было принято решение о реконструкции вентиляции рудников, обеспечивающей разжижение концентрации радона до санитарной нормы. Это мероприятие потребовало проходки дополнительных горных выработок, в том числе шахтных стволов, замены вентиляторных установок общешахтного проветривания, что связано с крупными капиталовложениями и продолжительными сроками выполнения работ.

В этот момент очень своевременным оказалось предложение инженера-геофизика ПГУ В. И. Холмина, который внес важные коррективы в методику расчета потребности воздуха с учетом существующего нарушения равновесия между радоном и дочерними продуктами его распада в горных выработках. Предложение позволяло сократить объемы и затраты на реконструкцию вентиляции действующих рудников и предусматриваемые схемы проветривания на новых рудниках.

Разработчиком и распространителем передового опыта по борьбе с радоном и пылью стал коллектив работников Ленинабадского горно-химического комбината, который на основе научно-исследовательских работ, разработки и внедрения комплекса противопылевых и противорадоновых мероприятий одним из первых в СССР добился снижения запыленности рудничного воздуха до санитарной нормы, обеспечил на основных рудниках снижение концентрации радона и продуктов его распада до предельно допустимого уровня (ПДУ).

Эта работа заняла относительно большой промежуток времени (1948—1966 гг.), который разделить на несколько этапов.

На первом этапе (1948—1949 гг.) основное мероприятие заключалось в улучшении проветривания рудников реконструкцией установок главного проветривания и внедрением бурения с промывкой, что позволило снизить запыленность на рабочих местах в десятки раз.

На втором этапе (1950—1953 гг.) были научно обоснованы и разработаны противорадоновые мероприятия: изоляция старых и недействующих горных выработок, оптимизация частичного (местного) проветривания горных выработок, гидрообеспыливание при взрывных работах, использование пылесмачивающих добавок (мылонафта) к промывочной воде, одновременно регулярно контролировали наличие пыли в рудничном воздухе. В этот период удалось еще снизить запыленность, но она оставалась высокой (14—19 мг/м³).

На третьем этапе (1954—1955 гг.) была разработана методика расчета проветривания рудников по фактору радона и началось внедрение противорадоновых мероприятий и совершенствование схем общешахтного проветривания с учетом результатов первых радоновых съемок, массовое внедрение гидрообеспыливания при взрывных и погрузочных работах, использование новых пылесмачивающих добавок типа ОП и поливочных машин.

На четвертом этапе (1956—1959 гг.) были воплощены в жизнь конкретные противорадоновые мероприятия, в результате концентрация радона в очистных и проходческих забоях к началу 1958 г. снизилась в 3 раза по сравнению с 1955 г. В 1959 г. был достигнут уровень запыленности ниже допустимой нормы.

На пятом этапе (1960—1966 гг.) завершились

научные разработки и практическое внедрение всего комплекса мероприятий, обеспечивающих нормализацию рудничной атмосферы по радону и пыли.

Впервые в истории уранодобывающей промышленности на ЛГХК были осуществлены строительство и реконструкция рудников с учетом полного комплекса противорадиационных и противопылевых мероприятий, что позволило довести концентрацию радона до ПДУ и снизить средневзвешенную запыленность до 60% нормативной.

В комплекс противопылевых и противорадиационных мероприятий, внедренных на рудниках ЛГХК, кроме перечисленных выше входили: полевой способ подготовки месторождений к эксплуатации, концентрация очистных работ и форсированное их понижение, замена части горных разведочных выработок глубокими скважинами, переход на бурение шпуров малого диаметра, орошение руды и скреперных дорожек в блоках в течение всего цикла скреперования, орошение породы и руды при погрузке и разгрузке ее в рудоспуски, применение водяных завес на пути движения вентиляционных струй, использование многокаркасных воздухоочистительных фильтров типа МКФ-1 (СВАРФ) на вентиляторах частичного проветривания, переход рудников на двухсменную работу, строгая регламентация взрывных работ в междусменныe перерывы и т. п.

Разработанный на ЛГХК комплекс мероприятий был внедрен на всех рудниках ПГУ и постоянно пополнялся новыми средствами борьбы с радоном и пылью.

Одним из важнейших мероприятий по борьбе с радоном стало внедрение систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Первоначально эта система в отрасли была применена на Восточном горно-обогатительном комбинате для заполнения выработанного пространства твердеющими смесями после отработки урановых руд, находящихся внутри железорудного массива. В результате резко снизилось выделение радона в горные выработки и сократились потери и разубоживание железных руд при их последующей отработке.

Позднее различные варианты этой системы нашли широкое применение на комбинатах отрасли, обрабатывающих гидротермальные месторождения подземным способом.

Особое значение имело внедрение этой системы при отработке сложно-структурных месторождений богатых руд на Приаргунском горно-химическом комбинате. Здесь нашел широкое применение вариант системы нисходящей слоевой и подэтажной выемки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Внедрение этого варианта обеспечило соблюдение условий радиационной безопасности в очистных забоях даже при отработке очень богатых руд.

В результате проведенных работ на всех горных предприятиях ПГУ уже в 1968 г. средняя концентрация продуктов распада радона была ниже ПДУ, а содержание пыли в рудничной атмосфере в целом не превышало $1,1 \text{ мг/м}^3$ при норме 2 мг/м^3 .

Постановлением Совета Министров СССР от 28 марта 1960 г. № 899рс накопленный на Ленинадском комбинате опыт использования комплекса противопылевых и противорадиационных мероприятий был рекомендован для внедрения во всех горнодобывающих отраслях страны.

В системе ПГУ отсутствуют также предприятия, которые бы не применяли ставшие уже обычными комплексные мероприятия по снижению радиоактивной вредности и запыленности воздуха на рудниках. В результате содержание радона, продуктов его распада и пыли в атмосфере рудников постоянно снижается.

В этой связи снижается уровень хронической заболеваемости горнорабочих силикозом. Само заболевание уже не имеет столь тяжелую форму и быстрое течение, как это было в начальные годы становления отрасли.

В настоящее время случаи силикоза выявляются практически только у лиц, подвергшихся воздействию больших концентраций пыли в ранние годы существования отрасли (1947—1955 гг.).

Радиоактивные загрязнения территории в районе деятельности урановых рудников, основным источником которых является крупнодисперсная рудная пыль, образующаяся при рудосортировке, погрузке и транспортировке руды, как правило, имеют локальный характер, ограничены зоной 100—150 м и незначительны по уровню радиации.

Существенный вклад в решение проблемы создания нормальных санитарно-гигиенических условий для горняков внесли работники

Ленинабадского горно-химического комбината Д.Т. Десятников, А.А. Попов, В.Я. Опланчук, П.И. Шапино, Г.В. Зубарев, В.Д. Николаев, В.Н. Чеберяшкин, Г.Х. Сидиков, В.Н. Ширяев, А.Ф. Сосновский и др.

**ЛЕНИНАБАДСКИЙ ГОРНО-ХИМИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ**
(г. Чкаловск, Таджикистан)

Горно-химический комбинат № 6 (с 1967 г. Ленинабадский горно-химический комбинат) по добыче и переработке урановых руд был создан в соответствии с постановлением Государственного комитета обороны СССР от 15 мая 1945 г. № 8582сс/св.

Это был первый отечественный комбинат по добыче и переработке урана, с организацией которого началось развитие сырьевой отрасли атомной промышленности СССР.

В состав Комбината при его создании вошли рудник на базе месторождения Табошар, несколько геологических партий и Завод «В», переданные из Наркомцветмета СССР.

Первоначально управление Комбината базировалось в г. Ленинабаде Таджикской ССР, а затем в г. Чкаловске, построенном на окраине г. Ленинабада для трудящихся Комбината. Первым директором Комбината № 6 был Б.Н. Чирков.

К середине 1946 г. на базе месторождений Табошар, Адрасман, Майлису, Уйгурсай, Тюнмун было создано пять горнодобывающих предприятий, а в пос. Табошар и г. Ленинабаде построены два перерабатывающих завода.

В 1947 г. непосредственно на горнодобывающих предприятиях были введены в эксплуатацию еще четыре завода по переработке урановых руд: № 1 в Табошарах, № 2 в Адрасмане, № 3 в Майлису, № 5 на предприятии № 14.

С открытием в 1948—1949 гг. Краснохолмской экспедицией Первого главного геологоразведочного управления (ПГРУ) Министерства геологии СССР месторождений Алатанга и Каттасай в Приташкентском районе Узбекской ССР сырьевая база Комбината расширилась. На базе этих месторождений в 1951 г. было создано горнодобывающее предприятие № 22 (Рудоуправление № 2).

В 1952—1954 гг. геологами были выявлены урановые месторождения Чаули, Чаркасар-1, Чаркасар-П, Майликаган, Ризак и Джекиндек, на базе которых Комбинат создал горнодобы-

вающие предприятия: № 24 (Рудоуправление № 3); № 23 (Рудоуправление № 1) и новые рудники в составе предприятия № 22.

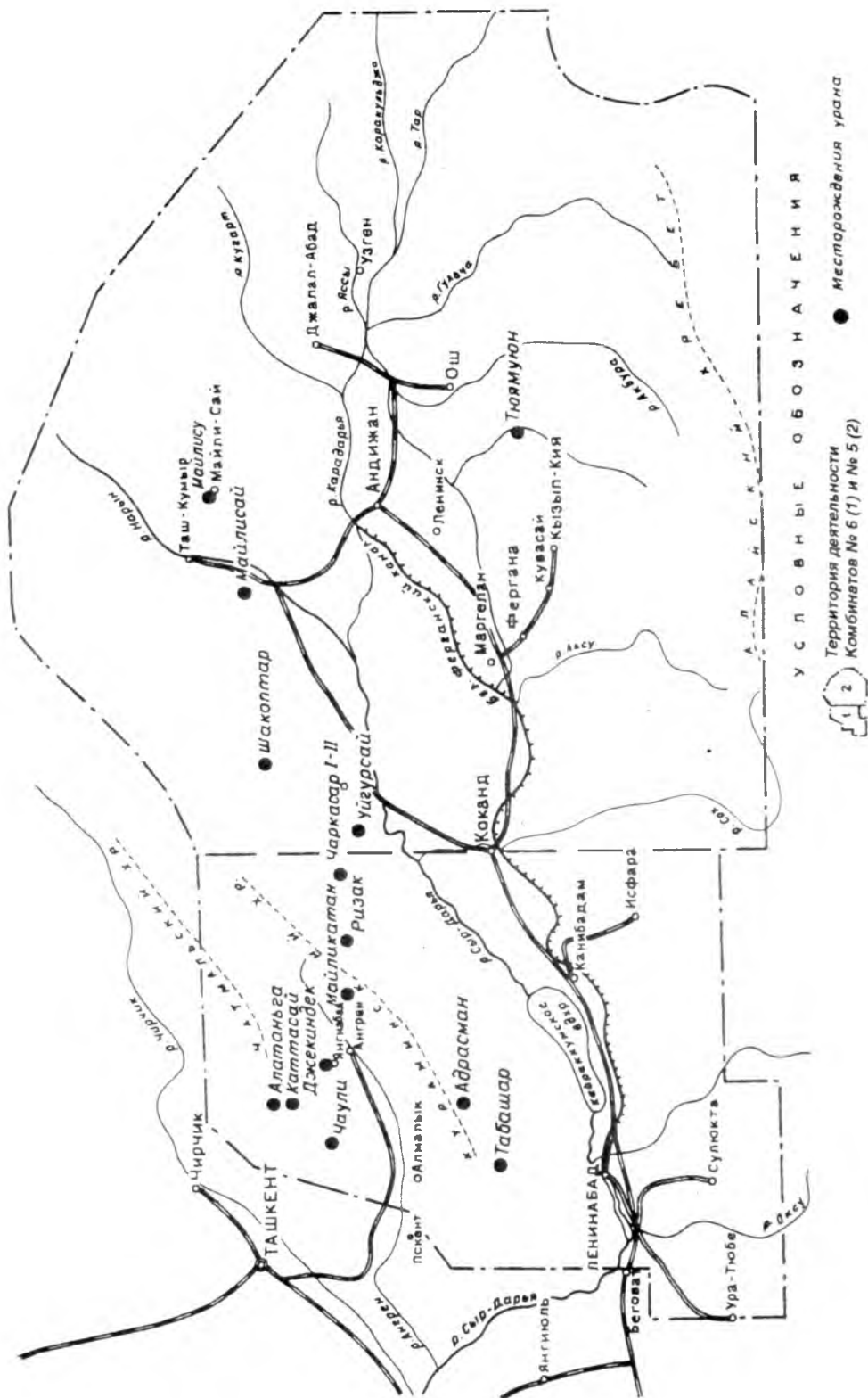
В 1954 г. из состава комбината были выведены предприятия: № 13 (Майлису), № 18 (Шакоптар) и № 21 (Майлисай), расположенные в Северной Фергане, на базе которых был создан Комбинат № 5, просуществовавший до 1968 г. и ликвидированный в связи с отработкой запасов урана.

В 1959 г. завершилась первая очередь расширения и реконструкции Ленинабадского гидрометаллургического завода с вводом в эксплуатацию цеха сорбции, а в 1962 г. — вторая очередь с вводом в эксплуатацию цеха экстракции. Мощность гидрометаллургического завода по переработке руды стала более 1 млн. т в год. В процессе деятельности Комбината по мере отработки запасов несколько горнодобывающих предприятий было закрыто и уже с 1968 г. добычу урановых руд традиционным способом вели только два рудоуправления (№ 2 и № 3). Рудоуправления № 1 и 4 добывали уран из забалансовых руд подземным и кучным выщелачиванием.

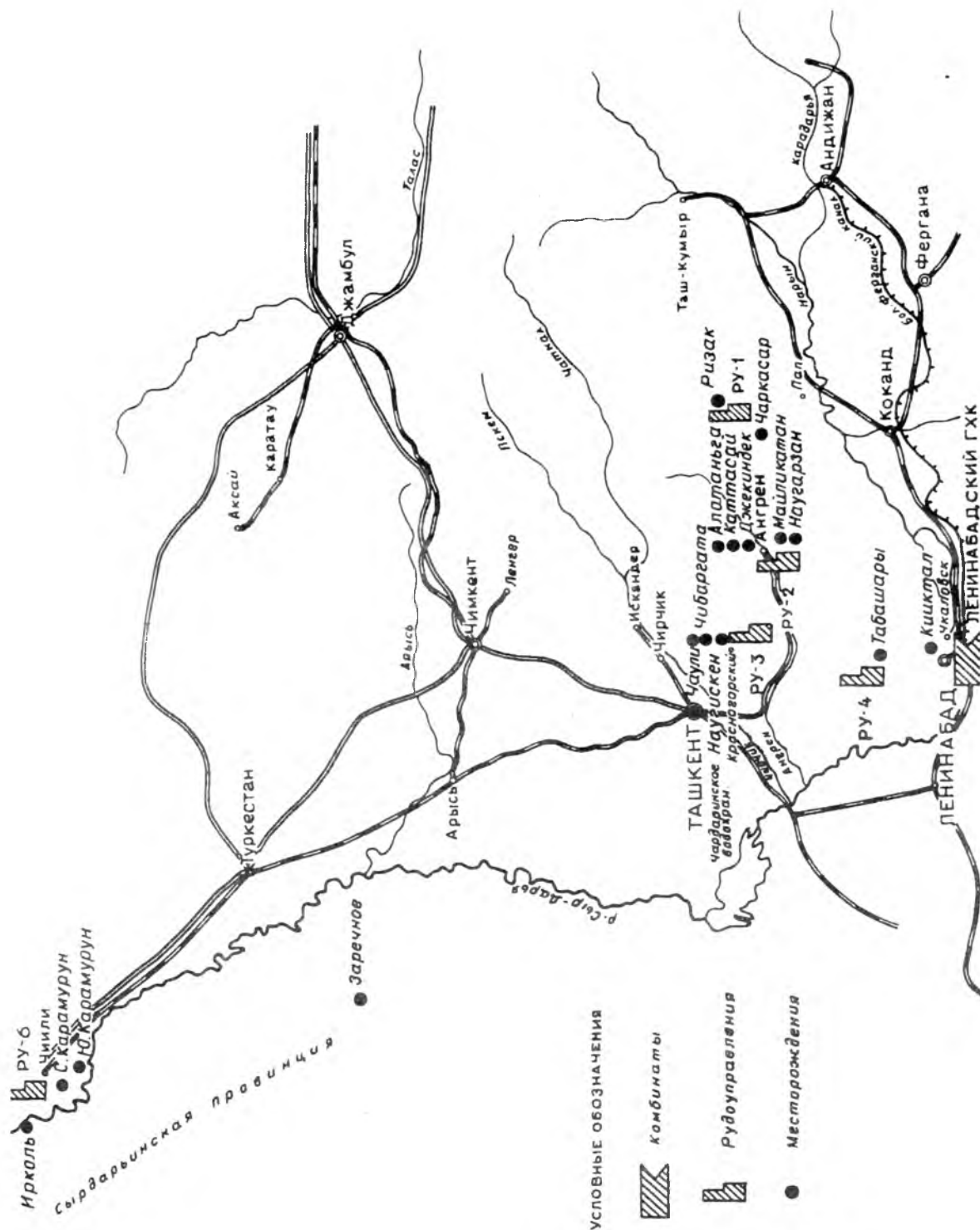
В связи с тем, что собственная сырьевая база Комбината постоянно сокращалась, а мощности гидрометаллургического завода были недозагружены, приказом Минсредмаша СССР от 3 ноября 1967 г. на основании постановления Совета Министров СССР от 3 октября 1967 г. № 926-303 Комбинату совместно с Краснохолмской экспедицией и институтом ПромНИИпроект было поручено провести опытно-промышленные работы по подземному выщелачиванию урана из руд месторождения Букинай, находящегося в Узбекистане, в целях получения исходных данных для проектирования и строительства горнодобывающего предприятия на базе этого и еще двух месторождений (Лявлякан и Бешкак), расположенных в 25 и 45 км на северо-восток от месторождения Северный Букинай.

В короткий срок ЛГХК провел комплекс опытно-промышленных работ и создал на базе этих месторождений крупное предприятие (Рудоуправление № 5) по добыче урана способом подземного выщелачивания. Уже в 1975 г. этим способом на Комбинате было добыто 60% урана, а в 1988 г. (год самой высокой добычи по Комбинату) — 90%.

Помимо добычи урана с 1963 г. Комбинат



Регион деятельности Комбинатов № 5 и № 6 в 50-е годы



Ленинабадский горно-химический комбинат (регион деятельности)



Б.Н. Чирков,
директор Комбината № 6
(Ленинабадского горно-
химического комбината)
в 1945–1953 гг.



В.А. Опланчук,
директор
Ленинабадского
горно-химического
комбината
в 1960–1991 гг.



П.И. Шапиро,
главный инженер
Ленинабадского горно-
химического комбината
в 1962–1985 гг.



Ю.В. Нестеров,
генеральный директор
ПО «Восточный
комбинат редких
металлов»
в 1991–1993 гг.

ведет разработку месторождения флюорита и получает плавишкошпатовый концентрат для нужд атомной промышленности. На основании постановления Совета Министров СССР от 4 июля 1963 г. № 736-241 в состав Комбината был передан Средне-Чигирикский плавишкошпатовый комбинат в составе обогатительной фабрики в г. Той-Тюбе (Ташкентская обл. Узбекской ССР) и рудник Чашлы. Позднее Комбинат построил рудники по добыче флюоритовой руды на месторождениях Наугарзан, Чибаргата и Наугискен.

Обогатительная флюоритовая фабрика неоднократно расширялась и реконструировалась и была доведена по объему переработки руды в год до 400 тыс. т.

Ленинабадский горно-химический комбинат, явившийся первенцем отечественной сырьевой базы атомной промышленности, сыграл большую роль в обеспечении ее сырьем, особенно в начальный период развития. Он явился первой школой подготовки кадров рабочих и руководящих работников для сырьевой отрасли ПГУ. Комбинат внес существенный вклад в осуществление технического прогресса в области механизации и технологии добычи и переработки урановых руд.

В 1970 г. в связи с двадцатипятилетием существования за большие заслуги в развитии отечественной сырьевой базы урана Ленинабадский горно-химический комбинат награжден орденом Ленина.

В организации и развитии Комбината активное участие принимали: директора Комбината Б.Н. Чирков, Д.Т. Десятников, Г.В. Зубарев, В.Я. Опланчук, Ю.В. Нестеров, главные инженеры А.Б. Драновский, Ф.С. Власов, А.А. Попов, П.И. Шапиро, а также П.П. Гаршин, С.О. Гольман, К.В. Данилин, А.А. Данильянц, З.П. Зарапетян, Г.Я. Сальман, Ф.А. Бурдаков, А.А. Смоленский, А.Е. Степанец, Г.Х. Сидаков, А.К. Кан, В.В. Новосельцев, Л.Г. Варганов, А.В. Терентьев, Я.Б. Сломинский, С.Г. Михлин, А.И. Хабиров, С.И. Файн, А.И. Антохичев, В.Н. Чеберяшкин, Л.Х. Мальский, И.Д. Казак, С.С. Покровский, А.Ф. Кузьменко, С.В. Крапивин, В.А. Падерин, Н.Ф. Красиков, Г.А. Авелиани, М.Ф. Зенин, А.И. Будник, М.А. Дарган, Н.С. Прокопенко, А.Я. Зиновьев, А.П. Щепетков, В.М. Штурбабин, П.В. Смирнов, А.Д. Загорельский, В.Б. Файбышенко, Н.М. Темкин, В.Г. Вишняков, С.А. Маркус, П.И. Кравченко, Н.С. Зимин, С.Е. Луценко, К.А. Коровин, П.С. Детковокий, П.И. Югов и другие.

В настоящее время ЛГХК (новое наименование ПО «Востокредмет») в связи с распадом СССР полностью прекратил добычу урана и только перерабатывает на ГМЗ концентрированные растворы урана (давальческое сырье) с месторождений подземного выщелачивания бывшего Рудоуправления № 6 (Казахстан). Кроме того, в соответствии с программой конверсии в последние годы Комбинат освоил

выпуск высококачественного пентаоксида ванадия, титанооксидных катализаторов, марганцевого и вольфрамового концентратов, золотых и серебряных слитков на построенном аффинажном заводе, ювелирных изделий из драгоценных металлов, продолжает выпуск горного и химико-технологического оборудования, различных электронных приборов и устройств, изделий из камня, оборудования для агропромышленного комплекса, автобусов «Таджикистан».

ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЕ РУДОУПРАВЛЕНИЕ (г. Лермонтов, Ставропольский край)

Рудоуправление № 10 (с 1967 г. Горно-химическое рудоуправление) организовано в 1950 г. на основании постановления Совета Министров СССР от 29 июля 1950 г. № 3342-1407 для добычи и переработки урановых руд месторождения Бештау в Ставропольском крае.

Жилье для трудящихся вначале строили в г. Пятигорске, а с 1952 г. начали возводить поселок Лермонтовское, который в 1956 г. был переименован в г. Лермонтов.

Предприятие создавалось практически на голом месте. Первоначально в его состав входили Восточный и Западный рудники и несколько вспомогательных цехов. В 1952 г. оба рудника были объединены в рудник № 1.

Для ускорения ввода в эксплуатацию рудника был взят курс на совмещение геолого-разведочных, горнокапитальных, подготовительных работ и добычи руды на нескольких горизонтах с применением скоростных проходок горных выработок. В декабре 1950 г. было пройдено одним забоем 180 м штольни № 31, а в январе 1951 г. — 270 м. Применение скоростных проходок на 32 выработках позволило достичь на шести из них скорости проходки до 300 м в месяц. По тем временам это были высокие показатели не только для отрасли, но и для горных предприятий Союза в целом.

В результате выполнения перечисленного выше комплекса работ первая очередь рудника была введена в эксплуатацию в 1953 г., вторая — в 1954 г., т. е. в течение 2,5 и 3,5 лет со дня организации предприятия.

В 1958 г. рудник достиг проектной производительности — 230 тыс. т руды в год, а в дальнейшем в результате совершенствования тех-

нологии добычи, повышения уровня механизации и других технологических и организационных мероприятий проектная производительность рудника была превышена в 1,6 раза. В 1975 г. после полной отработки запасов рудник № 1 был ликвидирован.

На базе Быкогорского месторождения урановых руд в 1958 г. был организован рудник № 2.

Неподтверждение разведанных запасов привело к их полной отработке в течение короткого срока (1957—1965 гг.).

В связи с этим на руднике с 1963 г. начали изучать возможность отработки бедных балансовых руд способом подземного выщелачивания. Результаты опытных работ были положительными, поэтому с 1966 г. рудник полностью перешел на отработку руд этим способом. В период с 1966 г. до его закрытия в 1990 г. подземным выщелачиванием было добыто урана в 3,5 раза больше, чем из балансовых руд. При этом себестоимость урана была значительно ниже, чем при отработке балансовых запасов.

Технология выщелачивания урана из руд гидротермальных месторождений так называемых «скальных» руд на месте их залегания впервые в мировой практике была разработана коллективом Горно-химического рудоуправления под руководством директора Рудоуправления С. Г. Вечеркина.

В 1954 г. был введен в эксплуатацию гидрометаллургический завод (ГМЗ) для переработки руды Бештаугорского месторождения.

Для проведения испытаний новых технологий и оборудования на ГМЗ была создана опытно-промышленная установка, которая стала базовой по проверке и подготовке к внедрению в производство новых технологий для всех перерабатывающих предприятий Первого главного управления. Так, в 1957 г. была разработана схема сорбционного извлечения урана из пульпы на катионите СГ-1, в 1958 г. освоены технология переочистки экстракции урана с использованием в качестве экстрагента трибутилфосфата (ТБФ), а затем триалкиламина (ТАА) и ряд других технологий.

С 1967 г. на ГМЗ был начат выпуск минерального удобрения для сельского хозяйства (преципитата), а с 1969 г. — сложного гранулированного удобрения — сульфоаммофоса. В 1975 г. завод начал перерабатывать апатитовый



С.Г. Вечеркин,
директор Рудоуправления
№ 10 (впоследствии
Горно-химическое
рудоуправление)
в 1957—1968 гг.



В.В. Кротков,
директор Горно-химичес-
кого рудоуправления в
1968—1987 гг., начальник
ПГУ в 1987—1992 гг.,
генеральный директор
АО «Атомзолото» с 1992 г.
по настоящее время



В.И. Тимченко,
генеральный директор ЛГП «Алмаз»
в 1987—1996 гг.

концентрат с Кольского полуострова и выпускать из него аммофос марки «А». В 1981 г. впервые в стране был начат выпуск двух модификаций диаммонийфосфата (ДАФ) — кормового и удобрительного. Из твердых отходов апатитового концентрата — фосфогипса был получен строительный материал, используемый в качестве вяжущего для стеновых гипсовых блоков.

Впервые в стране в промышленном масштабе был получен оксид скандия и с 1970 г. завод выпускает оксид скандия марки ОС-99, а затем ОС-99,9. Через 10 лет на основе скандиевых продуктов завод начал выпускать алюминийскандиевую лигатуру для производства легких сплавов специального назначения.

Все работы коллектив ГМЗ проводил совместно с научно-исследовательскими и проектными институтами: ВНИИХТ, ПромстройНИИпроект, ВНИИНМ, ВНИИстром, Свердловский химмаш, НИИУИФ и др., многие из работ защищены авторскими свидетельствами и патентами РФ. Как правило, целью всех исследований было создание высокоэффективных, малоотходных и безотходных технологий переработки сырья. После закрытия рудника № 1 на его базе в 1975 г. был построен электромеханический завод, освоивший выпуск кислотостойких погружных электронасосов для предприятий подземного выщелачивания ПГУ. Позднее

на заводе было налажено производство сверхтвердого синтетического материала «карбонадо» и сверхтвердого материала на основе нитрида бора «Эльбор Р», а также алмазного бурового и режущего инструмента.

В 1990 г. после закрытия рудника № 2 на ГМЗ была прекращена переработка урановых и уранофосфорных руд, а на освободившихся площадях организован выпуск пьезокерамических материалов для использования их в электротехнике, медоборудовании, охранной сигнализации, гидроакустических приборах, бытовой технике и т. п.

В организации и развитии Рудоуправления активное участие принимали: директора И.М. Алексеев, А.Е. Степанец. С.Г. Вечеркин, В.В. Кротков, В.И. Химченко; главные инженеры И.С. Зорин, М.И. Дорохов, В.А. Мамилов, Н.С. Прокопенко, К.И. Зайнетдинов, а также П. Д. Алексеенко, Д. Ф. Кичигин, Л. Н. Чумаков, И.Ф. Тимошенко, С.В. Пашков, А.Н. Курбатов, Б.А. Важенин, С.С. Макаров, В.П. Теплинский, А. В. Мимонов, М. А. Кириносков, Н.И. Бугров, О.А. Саванович, В.М. Кривоспицкий, Г.И. Иванцов, В.И. Миненков, Ю.И. Ильешенко.

В настоящее время Горно-химическое рудоуправление (новое наименование Лермонтовское государственное предприятие «Алмаз») представляет собой многопрофильное производство, основными составляющими которого являются:

переработка апатитового концентрата с получением высококачественных удобрений;

переработка отходов производства минеральных удобрений с получением вяжущего гипса и строительных блоков на его основе;

переработка скандиевого концентрата с получением оксида скандия, 2%-ной алюминий-скандиевой лигатуры, металлического скандия;

производство электронасосов различных типов, в том числе погружных насосных установок для использования в агрессивных средах, бытовых погружных насосов, электронасосов для молочной промышленности;

производство синтетических алмазов типа «карбонадо» и режущего и шлифовального инструмента на их основе;

производство пьезокерамических порошков типа ЦТС и другой продукции.

ВОСТОЧНЫЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ

(г. Желтые Воды, Украина)

Комбинат № 9 (с 1967 г. Восточный горно-обогатительный комбинат) был создан в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 24 июля 1951 г. № 2659-1287 на базе Первомайского и Желтореченского месторождений в Днепропетровской обл. Украинской ССР.

В период 1946—1951 гг. на железных рудниках им. Первого Мая и Желтая река были выявлены и разведаны промышленные запасы урановых руд, что послужило основанием для передачи этих рудников из треста «Ленинруда» Министерства черной металлургии СССР в ведение Министерства среднего машиностроения СССР. Добыча урана на этих месторождениях была начата еще в 1948 г. трестом «Кривбассруда» попутно с добычей железных руд.

Принятые министерством рудники по производственной мощности, технической оснащенности резко отставали от других рудников Кривого Рога. Достаточно сказать, что рудник им. Первого Мая был вскрыт маломощными шахтными стволами: на руднике Желтая река месторождение было вскрыто шахтой «Капитальная», введенной в эксплуатацию еще в 1934 г. и шахтой «Михайловская», переоборудованной из шурфа.

В 1951 г. Комбинат приступил к реконструкции рудников. На руднике им. Первого Мая было начато строительство шахты «Объе-

диненная» производительностью 2150 тыс. т железной и урановой руды в год, а на руднике Желтая река — шахты «Новая» производительностью 2100 тыс. т руды в год.

На Первомайском месторождении добыча урановых руд достигла максимума в 1957 г. и в дальнейшем из-за сокращения фронта работ постоянно снижалась. Добычу руды на шахте полностью прекратили в 1967 г. в связи с отработкой запасов. С 1 января 1968 г. шахта была передана в ведение Укрглавруды Минчермет УССР для добычи железных руд.

К 1961 г. было закончено расширение рудника на Желтореченском месторождении с выходом на проектную мощность по добыче урановых руд и железных руд 700 и 1200 тыс. т в год соответственно.

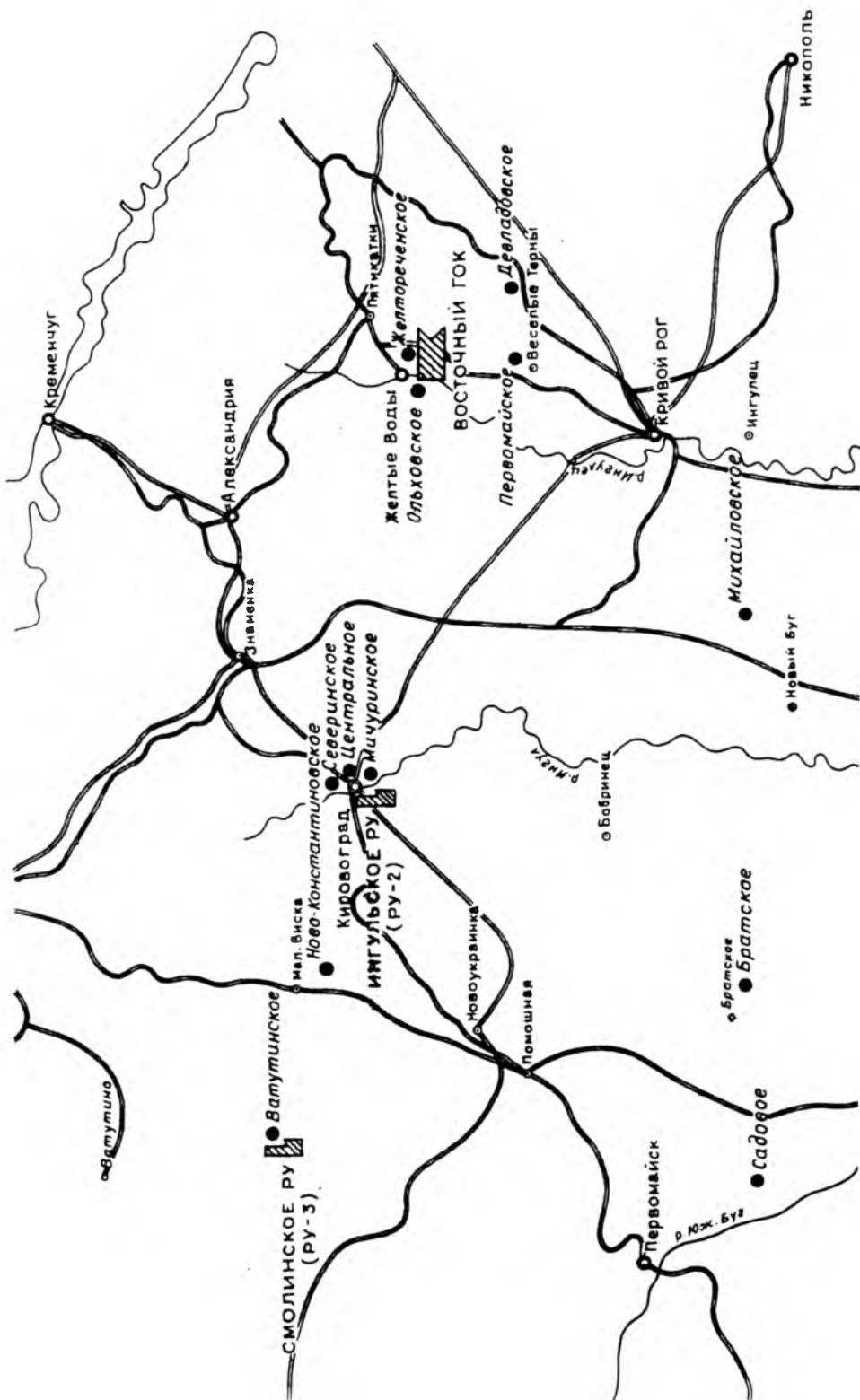
В целях сохранения уровня добычи урана по комбинату началось освоение Мичуринского и Ватутинского месторождений в Кировоградской обл. УССР.

В 1968—1975 гг. ускоренными темпами велось строительство рудника № 2 производительностью 1 млн. т урановой руды в год на базе Мичуринского месторождения, а в 1969 г. начато строительство рудника № 3 производительностью 800 тыс. т урановой руды в год на базе Ватутинского месторождения.

Ввод в эксплуатацию новых рудников на месторождениях Мичуринское и Ватутинское позволил Комбинату практически сохранить ранее достигнутый уровень добычи урана вплоть до 1988 г.

Особой заслугой Комбината было проведение в 1961—1984 г. с участием отраслевых научно-исследовательских и проектных институтов ВНИИХТ и ПромНИИ проект большого объема научно-исследовательских и опытных работ, а затем внедрение в производство нового высокоэффективного, экологически чистого способа добычи урана подземным выщелачиванием из руд месторождений инфильтрационного типа.

Впервые этот способ был апробирован и внедрен Комбинатом на Девладовском месторождении, отработка которого традиционным горным способом была нерентабельной. Опытные работы на месторождении, начатые в 1962 г., с 1965 г. перешли в опытно-промышленную, а затем и в промышленную стадию. Начатое в 1968 г. освоение Братского месторо-



Восточный горно-обогатительный комбинат (регион деятельности)

ждения велось также ПВ. Оба месторождения к настоящему времени полностью отработаны.

Восточный горно-обогатительный комбинат явился пионером в разработке и внедрении ПВ урана на месторождениях инфильтрационного типа. Впоследствии этот способ получил широкое распространение на предприятиях ПГУ, особенно на Навоийском, Ленинабадском, Киргизском комбинатах.

Наибольший вклад в развитие этого способа на Комбинате внесли В. А. Мамилов, В. Г. Баташов, В. Ф. Семченко, Л. Н. Веселова и Н. В. Губкин.

С начала основания и по настоящее время Комбинат одновременно с добычей урановой руды ведет добычу железных руд.

Первоначально при шахте «Новая» в 1960 г. была построена обогатительная фабрика для переработки бедных железных руд (с содержанием железа 37%), рассчитанная на выпуск 400 тыс. т железного концентрата в год с содержанием железа 59%.

В 1965—1967 гг. была проведена реконструкция и модернизация фабрики, что позволило достичь объема выпуска железного концентрата в 1975 г. свыше 800 тыс. т при содержании железа в концентрате 64%.

В связи с опережающей отработкой урановых руд сотрудники Комбината совместно с учеными института ПромНИИпроект впервые в отрасли разработали и внедрили в 1959 г. технологию добычи урановых руд с последующим погашением образовавшихся пустот твердеющей закладкой в целях предотвращения обрушения железорудного массива и снижения потерь и разубоживания железных руд.

Гидрометаллургический завод по переработке силикатных урановых руд Желтореченского месторождения был построен и введен в эксплуатацию в начале 1959 г. Отдельную технологическую цепочки для переработки железокarbonатной руды начали эксплуатировать в 1967 г.

В период с 1976 по 1986 год на ГМЗ впервые в СССР освоено и усовершенствовано сернокислотное автоклавное выщелачивание трудновскрываемых руд в пневматических вертикальных автоклавах.

В апреле 1984 г. в рекордно короткие сроки была введена первая очередь сернокислотного завода производительностью 500 тыс. т серной кислоты в год. С пуском второй очереди в



В.А. Мамилов,
директор Восточного
горно-обогатительного
комбината в 1961—1968 гг.,
главный инженер Первого
главного управления в
1968—1984 гг.



А.Т. Казаков,
директор Восточного
горно-обогатительного
комбината
в 1968—1975 гг.



В.В. Руденко,
директор Восточного
горно-обогатительного
комбината в 1976—1982 гг.

1987 г. суммарная мощность завода достигла 1 млн. т серной кислоты в год.

Каждая пятая тонна серной кислоты на Украине выпускалась в это время на сернокислотном заводе Восточного горно-обогатительного комбината.

За успехи в развитии добычи урана Восточный горно-обогатительный комбинат в 1967 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени.

В организации и развитии Комбината активное участие принимали директора Комбината Я.Н. Бондаренко, Б.Н. Чирков, Л.С. Волковой, В.А. Мамилов, А.Т. Казаков, В.В. Ру-

денко, О.И. Хохлов, Н.А. Ганза, М.И. Бобак, главные инженеры Б.И. Якушенков, В.Г. Олесенко, Н.М. Трапенко, а также А.С. Шинкарь, Ф.Ф. Милюхин, В.В. Ченченко, А.А. Ходжаев, И. З. Шейко, Ю. Г. Резников, Б. Г. Баташов, И. Ф. Мельник, Е. И. Худяков, В. П. Исаев, В.Н. Листов, П.Ф. Загатин, В.М. Евдокимов, С.М. Гольман, Н.М. Гореленок, Р.Р. Григорян, К.П. Лященко, Н.В. Аксенов, В.Ф. Семченко, А.С. Бурьян, Е.И. Пригожин, С.А. Безродный, П.А. Воробьев, Н.М. Новак.

В настоящее время ВГОК переименован в Научно-производственное объединение «Восточный горно-обогатительный комбинат», в состав которого входят горнодобывающие предприятия, гидрометаллургический завод, завод по производству серной кислоты, центральная научно-исследовательская лаборатория автоматизации (ЦНИЛА) и несколько вспомогательных предприятий.

КИРГИЗСКИЙ ГОРНОРУДНЫЙ КОМБИНАТ (г. Фрунзе, Киргизия)

Комбинат № 11 (с 1967 г. Киргизский горнорудный комбинат) создан в 1951 г. по постановлению Совета Министров СССР от 24 октября 1950 г. № 4381-1854 для эксплуатации угольно-уранового месторождения Туракавак. Строительство предприятия на Кавакском месторождении, начатое в 1951 г., проходило в высокогорном, труднодоступном, экономически неосвоенном районе Тянь-Шаня, в 240 км от ближайшей железной дороги (ст. Рыбачье). Большие трудности периода строительства были связаны с отсутствием дорог, электроэнергии, жилья, воды, связи. Строительство рудников осуществлялось одновременно со строительством объектов жизнеобеспечения предприятия и проведением большого объема геолого-разведочных работ из-за недостаточной степени разведанности месторождения.

Предприятие на базе Туракавакского месторождения, включающее подземные рудники и гидрометаллургический цех, было построено и введено в эксплуатацию в 1955 г.

Для переработки концентратов Туракавакского месторождения и руд Курдайского месторождения вблизи села Калиновское Фрунзенской обл. в 1955 г. был построен гидрометаллургический завод.

В дальнейшем на этом заводе перерабатыва-

ли руды и растворы всех месторождений, отрабатываемых Комбинатом № 11, а также поступающие с других комбинатов ПГУ.

С 1966 г. на гидрометаллургическом заводе было начато производство парамолибдата аммония из ураномолибденовых руд Ботабурумского, Кызылсайского и Джиделинского месторождений. Мощность гидрометаллургического завода по переработке руд была доведена до 1 млн.т в год.

В процессе отработки Туракавакского месторождения сырьевая база Комбината расширялась за счет новых месторождений, разведанных Волковской и Степной экспедициями Министерства геологии СССР в Казахстане и переданных комбинату: Курдайского (1953 г.), Ботабурумского (1956 г.), Кызылсайского (1962 г.) и Джиделинского (1965 г.).

На базе этих месторождений были созданы Рудоуправления и построены горные предприятия с комплексом необходимых служб и цехов и благоустроенными поселками.

Рудоуправление № 2 (Южное) создано на базе Курдайского месторождения в 1953 г. в соответствии с постановлением Совмина СССР от 30 апреля 1953 г. № 1147-473. В 1967 г. месторождение было полностью отработано. Основная часть запасов отработана карьером (90%), остальная — подземным рудником.

Рудоуправление № 3 (Восточное) создано на базе Ботабурумского месторождения в 1956 г. в соответствии с постановлением Совмина СССР от 4 мая 1955 г. № 836.

Строительство карьера было начато в сентябре 1956 г., в 1961 г. карьер был введен в эксплуатацию, а к 1966 г. запасы руды, предназначенной к отработке открытым способом, были полностью отработаны.

Геолого-разведочные работы, осуществляемые Комбинатом, позволили значительно расширить границы месторождения на глубину, выявить новые рудные залежи. Это дало возможность построить и ввести в эксплуатацию в 1966 г. подземный рудник производительностью 350 тыс.т руды в год, а позднее увеличить ее до 500 тыс. т руды в год. Рудник был закрыт в 1991 г. в связи с отработкой основных запасов.

Рудоуправление № 5 (Западное) создано в 1963 г. на базе Кызылсайского месторождения. В 1964 г. введены в эксплуатацию карьер на участке № 4 и подземные рудники на участках

при самом активном участии всех основных подразделений Комбината и уже в 70-х годах на месторождении Уванас началась добыча урана подземным выщелачиванием.

Впоследствии на базе месторождений Уванас, Канжуган, Мынкудук комбинатом были созданы два самостоятельных Рудоуправления: Степное и Центральное.

Горные работы традиционным способом Рудоуправление № 5 закончило в 1988 г. в связи с высокой себестоимостью добычи урана, обусловленной малыми объемами и низким содержанием его в рудах.

Рудоуправление № 6 (Карасайское) создано на базе Джиделинского месторождения, расположенного в полупустынной местности Жана-Аркинского района Карагандинской обл. Казахской ССР. Строительство предприятия началось с середины 1965 г., а в 1967 г. был введен в эксплуатацию карьер № 1 с высоким содержанием урана в рудах. Отработка запасов в карьере завершена в 1974 г. В 1970 г. введен в эксплуатацию карьер № 2, добыча руды на котором была начата в 1973 г., подземный участок карьера введен в эксплуатацию в 1974 г.

В связи с полной отработкой запасов Рудоуправление № 6 прекратило добычу урана в 1986 г.

Рудоуправление № 8 (Джильское) — одно из старейших урановых горных предприятий по добыче урана, созданное на базе небольшого по запасам угольно-уранового месторождения Джильское на южном берегу озера Иссык-Куль в Киргизии. До 1955 г. оно существовало как самостоятельное предприятие, подчиненное непосредственно ПГУ Минсредмаша, в 1955 г. вошло в состав Киргизского горнорудного комбината, в 1959 г. было ликвидировано в связи с отработкой запасов.

В 80-х годах на Комбинате бурно развивалась добыча урана подземным выщелачиванием. Наибольший объем добычи урана Комбинатом был достигнут в 1988 г., при этом ПВ было добыто 74% урана. В 1991 г. все 100% добытого урана получены этим способом.

В организации, строительстве, развитии сырьевой базы и освоении производственных мощностей, новой технологии добычи урана, технологии переработки комплексных руд на ГМЗ Комбината активное участие принимали: директора Комбината К.Н. Маков, В.Н. Миндрул, А.П. Ежов, главные инженеры Ф.Я. Зай-



К.И. Маков, директор
Киргизского горнорудного
комбината
в 1951—1962 гг.



В.Н. Миндрул, директор
Киргизского горнорудного
комбината
в 1962—1978 гг.



А.П. Ежов, директор
Киргизского горнорудного
комбината
в 1978—1992 гг.

цев, Ф.Н. Тумашов, а также Н.В. Волохов, И.П. Дубровский, И.М. Коновалов, В.В. Кротков, А.Ф. Кузьменко, Д.А. Полеев, П.Е. Пантелеев, Е.П. Панфилов, Н.М. Темкин, Г.Ф. Ничипоренко, В.М. Бородачев, В.И. Масякин, В.А. Колесников, В.С. Серянкин, А.Л. Корень, И.К. Кухаренко, Б.Б. Летоев, Е.И. Ильинский, Е.И. Власов и др.

В настоящее время в Киргизский горнорудный комбинат (новое наименование Кара-Балтинский горнорудный комбинат) входят гидрометаллургический, ремонтно-механический и авторемонтный заводы, заводы электротехнической продукции и строительных изделий.

Основные направления производственной

деятельности комбината — переработка молибден-вольфрамосодержащего сырья и отходов (включая загрязненные радиоактивными веществами), аффинаж золота, изготовление горного оборудования, выпуск машиностроительной продукции и электротехнических изделий, производство средств индивидуальной защиты органов дыхания, выпуск строительных изделий и товаров массового потребления. Продуктами переработки молибден-вольфрамосодержащего сырья и отходов являются молибденовокислый и вольфрамовокислый аммоний, дисульфид и трисульфид молибдена.

В рамках конверсии Комбинат ведет строительство предприятий по добыче золотосодержащих руд.

РУДОУПРАВЛЕНИЕ № 15 (пос. Кизыл-Кая, Туркмения)

Рудоуправление № 15 было создано в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 10 июля 1954 г. № 1410-643 для добычи урановых руд месторождения Серного, расположенного в пустынном безводном районе Туркменской ССР в 240 км на восток от г. Красноводска.

Административно Рудоуправление было подчинено непосредственно ПГУ. Хотя месторождение Серное было небольшим по запасам урана и находилось в экономически неосвоенном районе, вдали от железной дороги, в те годы оно представляло практический интерес в связи с наличием богатых руд в его верхней части, пригодных для обработки открытым способом.

В течение короткого срока были построены карьер, асфальтированная дорога от месторождения до г. Красноводска, поселок, водозабор и другие объекты. Для питьевого и хозяйственного водоснабжения предприятия впервые в Советском Союзе была построена промышленная опреснительная установка производительностью 320 м³ опресненной воды, работавшая на ионообменных смолах.

Добыча руды на карьере началась уже в 1955 г. Добытую руду после радиометрического обогащения в г. Красноводске отправляли на гидromеталлургический завод Ленинабадского горно-химического комбината для дальнейшей переработки.

В связи с отработкой запасов Рудоуправление № 13 в 1966 г. было ликвидировано.

Работы по строительству и эксплуатации Рудоуправления возглавляли В.М. Кишко, М.И. Хаустов, Г.В. Хитагуров, О.И. Хохлов.

ЦЕЛИННЫЙ ГОРНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ (г.Степногорск, Казахстан)

Комбинат № 4 (с 1967 г. Целинный горно-химический комбинат) был организован в 1956 г. на основании постановления Совета Министров СССР от 8 августа 1956 г. № 5838.

Степная экспедиция Министерства геологии СССР разведала в Северном Казахстане и передала в промышленное освоение месторождения ураномолибденовых руд Балкашино (1956 г.) и Маныбай (1959 г.) и месторождения урано-фосфорных руд Тастыколь и Заозерное (1961 г.), на базе которых был создан Целинный горно-химический комбинат.

Все месторождения находились в экономически неосвоенных районах вдали от транспортных магистралей.

Организованные на их базе горнодобывающие предприятия дислоцированы на обширной территории Северного Казахстана в Целиноградской и Кокчетавской областях и находятся на расстоянии от 90 до 450 км от основной площадки комбината, расположенной в г. Степногорске (город построен силами Минсредмаша СССР). В г. Степногорске базируются гидromеталлургический завод по переработке руды двух сортов с выпуском закиси окиси урана и парамолибдата аммония, сернокислотный завод и цех по производству удобрений (аммофоса), а также управление Комбината и Рудоуправление № 2.

За короткий срок был сформирован высококвалифицированный коллектив трудящихся.

Рудоуправление № 1 — первое горнодобывающее предприятие комбината, созданное в 1956 г. с началом строительства карьера на базе Балкашинского месторождения. Добыча руды на карьере началась в 1959 г. Кроме того, были подготовлены для подземной отработки два месторождения с незначительными запасами урана — Дергачевское и Ольгинское. Все три месторождения полностью отработаны до 1968 г.

В районе деятельности Рудоуправления № 1 в 1964 г. геологами комбината было выявлено

крупное месторождение ураномолибденовых руд Восток, а в 1965 г. на его восточном фланге участок Звездный. С 1967 г. на базе этого месторождения началось строительство подземного рудника, который был введен в 1972 г., а уже в 1975 г. достиг производительности по добыче руды 430 тыс. т в год (проектная — 500 тыс. т в год).

Рудоуправление № 2 было создано Комбинатом для добычи руды на Маньбайском и Аксуйском месторождениях. В 1959 г. на Маньбайском месторождении начато строительство карьера производительностью 800 тыс. т руды в год для отработки верхней части месторождения до глубины 300 м. Карьер сдан в эксплуатацию 1 января 1967 г., а уже в 1971 г. проектная мощность была перекрыта (884 тыс. т).

Отличительная особенность эксплуатации месторождения Маньбай — одновременная отработка его открытым и подземным способом, что представляло новое техническое решение в отечественной практике.

Строительство подземного рудника на месторождении началось в 1962 г., в 1969 г. он был введен в эксплуатацию.

В сентябре 1962 г. на Аксуйском месторождении было начато строительство подземного рудника № 7, введенного в эксплуатацию в 1967 г. К 1975 г. месторождение было полностью отработано.

Для обеспечения гидрометаллургического завода сырьем геологическая служба Комбината в большом объеме проводила поисковые и разведочные работы в районах действующих предприятий, что позволило выявить относительно крупное инфильтрационное месторождение Семизбай, на базе которого был построен цех подземного выщелачивания и проводились опытные работы по добыче урана методом подземного выщелачивания.

Кроме того, Рудоуправление № 2 из отвалов забалансовых и бедных руд месторождений Маньбай впервые организовало кучное выщелачивание урана и молибдена бикарбонатным способом.

В состав Рудоуправления № 3, созданного в 1964 г., входили рудник № 3 на базе месторождения Заозерное и карьер № 5 на базе месторождения Тастыколь. Строительство подземного рудника № 3 было начато в 1964 г., а карьера № 5 — в 1967 г. Оба рудника были сданы в эксплуатацию в 1970 г. Карьер № 5

был отработан в 1987 г., а рудник № 3 прекратил все горные работы в 1992 г. в связи с отработкой основных запасов урановых руд.

Помимо этих двух рудников в состав Рудоуправления № 3 входил небольшой карьер, построенный на базе месторождения Шатское, просуществовавший недолго.

Рудоуправление № 4 создано на базе Ишимского месторождения ураномолибденовых руд. Строительство его началось в 1965 г. Целинным комбинатом, а затем было передано Комбинату № 5. В 1968 г. в связи с ликвидацией Комбината № 5 Рудоуправление № 4 вошло в состав Целинного горно-химического комбината. В 1969 г. был введен в эксплуатацию подземный рудник на базе Ишимского месторождения.

В последующие годы объем добычи по Рудоуправлению № 4 увеличивался в результате эксплуатации подземного рудника, созданного на базе месторождений Шокпак и Камышовое.

С вводом в эксплуатацию рудников на Маньбайском, Аксуйском, Заозерном, Тастыкольском и Ишимском месторождениях добыча руды постоянно увеличивалась и в 1970 г. в целом по Комбинату достигла 1 млн. 722 тыс. т.

С открытием Грачевского месторождения (1960—1970 гг.) сырьевая база Комбината значительно укрепилась. На базе этого месторождения было создано горнодобывающее предприятие Рудоуправление № 5, где был построен подземный рудник производительностью 500 тыс. т руды в год. Рудник в настоящее время продолжает действовать.

В 1970 г. были введены в эксплуатацию гидрометаллургический и сернокислотный заводы и цех по производству удобрений.

За успехи в выполнении пятилетнего плана 1966—1970 гг. Целинный горно-химический комбинат в 1971 г. удостоен высокой правительственной награды — ордена Ленина.

В организации и развитии Комбината активное участие принимали: директора Комбината С.А. Смирнов, Н.Н. Алексеенко, Л.П. Лучина; главные инженеры А.Ф. Кузьменко, А.М. Капканшиков, а также М.А. Аношкин, В.И. Пигульский, Г.А. Волков, М.П. Белбородов, Ю.М. Ладыгин, А.М. Науменко, Г.Ф. Тасиц, В.М. Резников, М.И. Романов, В.И. Миненков, Н.Г. Вавилов, В.М. Южаков, В.М. Фоменко, В.И. Вавилов, Ф.И. Пасечник, В.Н. Фанштейн и др.



С.А. Смирнов, директор
Целинного горно-хими-
ческого комбината
в 1956—1975 гг.



Н.Н. Алексеев, директор
Целинного горно-хими-
ческого комбината
в 1975—1988 гг.

В настоящее время Целинный горно-химический комбинат (новое наименование ПО «Целинный горно-химический комбинат») производит закись-окись урана, техническую серную кислоту, азотно-фосфорные удобрения, гидравлические перфораторы для бурения шпуров и скважин, антифракционные молибденовые добавки к моторным маслам, оборудование для агропромышленных заводов и фирм.

В связи с конверсией оборонных отраслей Комбинат приступил к освоению следующих видов продукции:

- аффинированного золота при переработке упорного золотосодержащего сырья;

- рафинированного олова и олова в концентратах;

- технических солей свинца от переработки свинцового лома;

- облицовочных гранитных и мраморных плит.

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ (г. Навои, Узбекистан)

Комбинат № 2 (с 1967 г. Навоийский горно-металлургический комбинат) создан в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 20 февраля 1958 г. № 209-99 для добычи и переработки урановых руд Учкудукского месторождения, разведанного Краснохолмской экспедицией Министерства геологии СССР.

Наличие больших запасов урана обусловило

создание на базе месторождения крупного предприятия, включающего несколько рудников на самом месторождении и гидрометаллургический завод в районе ст. Кермине (Бухарская обл. Узбекской ССР).

В 1959 г. у железнодорожной станции Кермине началось строительство г. Навои, который к настоящему времени превратился в один из красивейших городов Узбекистана.

Строительство рудников на месторождении началось в 1959 г. и проходило в крайне тяжелых географо-экономических и горнотехнических условиях. Горное предприятие — Северное рудоуправление, строилось в условиях жаркого климата пустыни Кызыл-Кум, в отсутствие источников водоснабжения, вдали от железной дороги, в совершенно не освоенном районе.

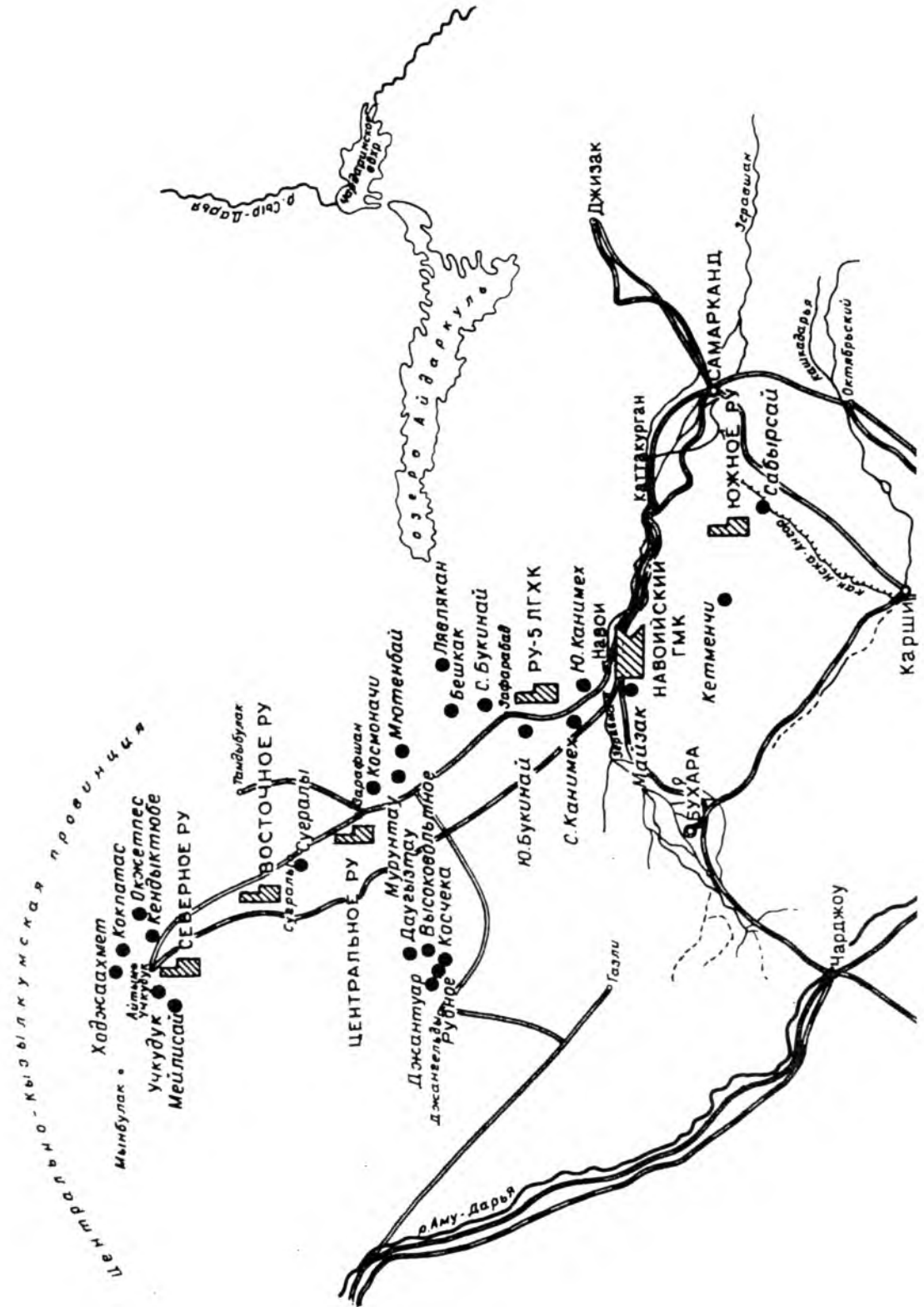
Сложные гидрогеологические условия месторождения (сильная обводненность, неустойчивость рудовмещающих пород, наличие пльвунов) чрезвычайно осложнили выполнение горных работ. По мнению некоторых авторитетных в горном деле специалистов (А.В. Топчиев, С.Х. Клорикьян и др.), проходка подземных горных выработок и добыча руды в этих условиях представлялись невозможными.

Вопреки этому мнению проектировщики и научные работники отраслевого института ПромНИИпроект совместно со специалистами других отраслей при активном участии работников ПГУ и горняков строящегося комбината разработали и осуществили новые решения по предварительному осущению месторождения. В результате проведенных мероприятий были обеспечены необходимые условия для проведения горных выработок, что позволило в короткие сроки построить рудники и в 1963 г. приступить к добыче руды. В эксплуатацию было введено несколько карьеров: № 1 в 1964 г., № 2 в 1965 г., № 5 в 1966 г., № 6 в 1967 г.; и подземных рудников: № 2 в 1964 г., № 1 и № 7 в 1965 г., № 6 в 1967 г. Уже в 1967 г. объем добычи руды на месторождении достиг проектного уровня.

Гидрометаллургический завод в г. Навои был сооружен за 5 лет (1960—1964 гг.).

В течение 1959—1962 гг. была построена железная дорога протяженностью 300 км, связывающая г. Навои с горнодобывающим предприятием.

В течение 1968—1975 гг. рост объемов добы-



Навоийский горно-металлургический комбинат (регион деятельности)

чи урановой руды на Комбинате обеспечивался освоением южной части месторождения Учкудук и вовлечением в обработку нового месторождения Сабырсай.

Интенсивно строились новые карьеры на базе месторождения Учкудук. В итоге в эксплуатацию были введены в 1968 г. карьер № 9 с годовой производительностью по добыче руды 300 тыс. т, в 1975 пусковой комплекс карьера № 13 — 500 тыс. т.

Опыт работы Северного рудоуправления послужил основой проектных решений по строительству двух подземных рудников в Южном рудоуправлении (месторождение Сабырсай) общей производительностью 600 тыс. т руды в год. В 1969 г. был введен в эксплуатацию рудник № 1, а в 1973 г. — первая очередь рудника № 2.

В результате объем добычи руды по комбинату в 1975 г. был увеличен в 1,5 раза по сравнению с 1970 г.

Опыт работы Северного рудоуправления был также использован при строительстве рудников № 2 и № 4 Восточного рудоуправления на Сугралинском месторождении.

В 1963 г. Навоийский ГМК начал добычу урана способом подземного выщелачивания через скважины на залежи 30 месторождения Учкудук. Полученный положительный опыт обработки запасов этим способом был распространен на обработку других залежей и месторождений, ранее признанных непригодными для обработки традиционным горным способом.

Начиная с 1968 г. комбинат проводил в широких масштабах опытные и опытно-промышленные работы по ПВ на месторождениях Учкудук, Сабырсай, Южный Букинай, Кетменчи. С 1975 г. добыча урана ПВ приобрела промышленное значение. В дальнейшем доля урана, добытого этим способом, постоянно и быстро росла и составила в 1980 г. 29%, в 1985 г. 56%. В настоящее время уран на Комбинате добывают только подземным выщелачиванием.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29 августа 1964 г. № 737-303 Минсредмашу было поручено построить силами Навоийского горно-металлургического комбината и в 1970 г. ввести в эксплуатацию предприятие по добыче и переработке золото-содержащих руд месторождения Мурунтау, включающее карьер, золотоизвлекательный завод производительностью 5 млн. т руды в



З.П. Зарапетян, директор Табошарского рудоуправления — первого уранодобывающего предприятия в СССР в 1945—1953 гг., директор Навоийского горно-металлургического комбината в 1958—1971 гг.



А.А. Петров, директор Навоийского горно-металлургического комбината в 1971—1985 гг.

год, город золотодобытчиков, железную дорогу протяженностью 40 км, водовод с реки Амударьи протяженностью 220 км.

Предприятие было построено в короткий срок и в 1969 г. досрочно пушено в эксплуатацию, а к концу 1970 г. достигло проектной производительности.

К 1974 г. была введена в эксплуатацию вторая очередь предприятия, в 1975 г. — третья, после чего предприятие вышло на мощность 15 млн. т в год по добыче и переработке золотосодержащих руд.

Реконструкция золотоизвлекательного завода, проведенная в 1968—1990 гг., позволила увеличить его производственные мощности до 20 млн. т руды в год.

По масштабам добычи и переработки руды и выпуску золота высокой чистоты предприятие не имеет себе равных в отечественной практике и остается одним из крупнейших в мире.



Н.И. Кучерский, директор Навоийского горно-металлургического комбината с 1985 г. по настоящее время

В сложных климатических условиях пустыни для сотрудников комбината были построены четыре города с благоустроенными жилыми зданиями, детскими учреждениями и школами, магазинами и больницами, бассейнами, зонами отдыха, искусственными озерами, социальными и культурными структурами.

Со стороны Минсредмаша строительством и развитием Навоийского горно-металлургического комбината руководил лично Е.П. Славский, непосредственный и повседневный контроль и оперативное руководство осуществлял начальник ПГУ Н.Б. Карпов.

За выдающиеся успехи в строительстве и освоении урановых и золотоизвлекающих предприятий Навоийский горно-металлургический комбинат в 1970 г. удостоен высокой правительственной награды — ордена Ленина.

В организации и развитии Комбината активное участие принимали: директора Комбината З.П. Зарапетян, А.А. Петров, Н.И. Кучерский, главные инженеры А.П. Щепетков, И.И. Белов, Л.М. Демич, а также М.И. Минькин, А.А. Величко, И.А. Брехт, А.И. Нейсайло, К.П. Павлычев, Б.И. Шварцман, Г.Я. Бердников, Н.А. Якушев, А.С. Баклаженко, Т.Д. Гудзибеев, П.Г. Меньшиков, Б.Н. Зиздо, В.Н. Синегин, В.П. Щепетков, В.С. Горуля, В.А. Коваленко, Ф.В. Кретов, О.И. Мальгин, П.В. Смирнов, А.И. Кацай, А.И. Веклов, Е.И. Маламуд, А.Н. Орехов и многие другие.

В настоящее время Навоийский горно-металлургический комбинат имеет в своем составе рудники, карьеры, гидрометаллургические заводы, завод по выпуску серной кислоты, машиностроительный завод, вычислительный центр, авторемонтные цеха и другие подразделения.

Программой конверсии производства на Комбинате организован выпуск токарных станков, стиральных машин, переработка волокон «нитрон» в высокообъемную пряжу, выпуск ювелирных изделий, добыча и обработка мрамора.

ПРИКАСПИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ (г. Актау, Казахстан)

Комбинат № 1 (с 1967 г. Прикаспийский горно-металлургический комбинат) создан в 1959 г. на основании постановления Совета

Министров СССР от 8 января 1959 г. № 31-14 на полуострове Мангышлак (Гурьевская обл. Казахской ССР) на базе месторождения Меловое для добычи и переработки комплексных уранофосфорных руд с наличием редких земель.

Комбинат создавался в безводной, экономически совершенно не освоенной полупустынной степи.

Значительные запасы комплексных по составу, но бедных по содержанию урана руд обусловили строительство крупного по масштабам многоотраслевого комбината. В состав Комбината вошли горные предприятия, обогащательная гравитационная фабрика, гидрометаллургический завод по выпуску уранового концентрата и производству концентратов редких земель, сернокислотный завод, азотно-туковый завод для производства аммиака и азотной кислоты на базе природного газа месторождений Жетыбай и Тенге, а также для переработки сбросных нитрофосфатных растворов для получения удобрения — нитрофоса.

За короткое время силами строительных организации министерства были построены крупная база стройиндустрии, прекрасный г. Шевченко с современными многоэтажными домами, железная дорога широкой колеи протяженностью 710 км от ст. Макат Казахской ж. д. до месторождения, современный морской порт Актау, ТЭЦ, опытно-промышленная опреснительная установка морской воды производительностью 4 тыс. м³.

Горные работы на месторождении Меловое были начаты на карьере № 1 в 1963 г., а добыча руды в 1964 г. В 1967 г. карьер № 1 производительностью 2 млн. т руды в год был принят в эксплуатацию.

В 1964 г. начато строительство карьера № 2 производительностью также 2 млн. т руды в год, принятого в эксплуатацию в 1970 г.

Проектная производительность горного комплекса в 4 млн. т руды в год была достигнута в 1973 г., а уже в 1975 г. она была превышена на 10%.

В 1973 г. начались горные работы на месторождении Токмак (карьер № 5). Карьер введен в эксплуатацию в конце 70-х годов.

Обогатительную (гравитационную) фабрику вводили в эксплуатацию очередями: первую очередь в 1966 г., вторую и третью в 1967 г., четвертую в 1968 г.



Р.А. Григорян, директор Комбината № 1 (Прикаспийского горно-металлургического комбината) в 1960—1970 гг.



Ю.А. Корейшо, директор Прикаспийского горно-металлургического комбината в 1970—1978 гг.

Гидро-металлургический завод, цех производства нитрофоса и сернокислотный завод введены в эксплуатацию в 1969 г.

Первая очередь цеха слабой азотной кислоты и цеха синтеза аммиака вошли в эксплуатацию в 1970 г.

С пуском в эксплуатацию названных выше объектов Прикаспийский горно-металлургический комбинат превратился в комплексное предприятие, одно из крупнейших предприятий Первого главного управления по производству и выпуску удобрений, урановых концентратов и некоторых других продуктов.

Строительство и развитие Прикаспийского горно-металлургического комбината на всем

протяжении было в центре внимания руководства Минсредмаша и Первого главного управления. Особое внимание созданию и развитию этого комбината уделял министр Е.П. Славский. Повседневное руководство строительством комбината осуществлял начальник ПГУ Н.Б. Карпов.

За успехи в освоении производственных мощностей При-

каспийский горно-металлургический комбинат в 1971 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени.

В строительство и освоение Комбината большой вклад внесли директора Комбината Р.А. Григорян, Ю.А. Корейшо, Ю.В. Кузнецов, главные инженеры А.И. Антосиков, Н.А. Вольхин, А.А. Малинин, а также Г.М. Исаков, М.М. Шевченко, Р.С. Пахомов, И.М. Трибухин, А.К. Денисова, Е.Б. Антипин, В.Е. Юпатов, Ю.Г. Хинчагашвили, Б.П. Триш, А.Л. Черников, Б.Ф. Гвинерия, А.А. Путцятю, Р.Г. Беспалов, Б.И. Голубечков, А.Н. Орлов, Е.М. Герус, Б.И. Козлов, И.П. Радченко, М.И. Дибиев, А.Д. Афиногенов, Л.А. Нагурный, А.К. Ерошкин и многие другие.

В настоящее время ПГМК (новое наименование Акционерная компания «КАСКОР») в связи с распадом СССР полностью прекратил добычу и переработку уранофосфатных руд.

Входящие в состав АК «КАСКОР» крупные предприятия, такие, как химико-гидрометаллургический завод, крупнейший в Казахстане азотнотуковый завод сохранили производственные мощности по комплексной переработке местных уранофосфорных руд и из привозного апатитового концентрата. Из апатитового концентрата освоен выпуск дикальцийфосфата кормового (преципитат), дикальцийфосфата пищевого (дентафос) и сульфата аммония.

По плану конверсии оборонных отраслей на Комбинате в 1992 г. на основе импортного сырья было организовано производство зубных паст в объеме 260 млн. туб зубной пасты в год. Из-за отсутствия отдельных видов сырья завод также практически остановлен.

ПРИАРГУНСКИЙ ГОРНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ

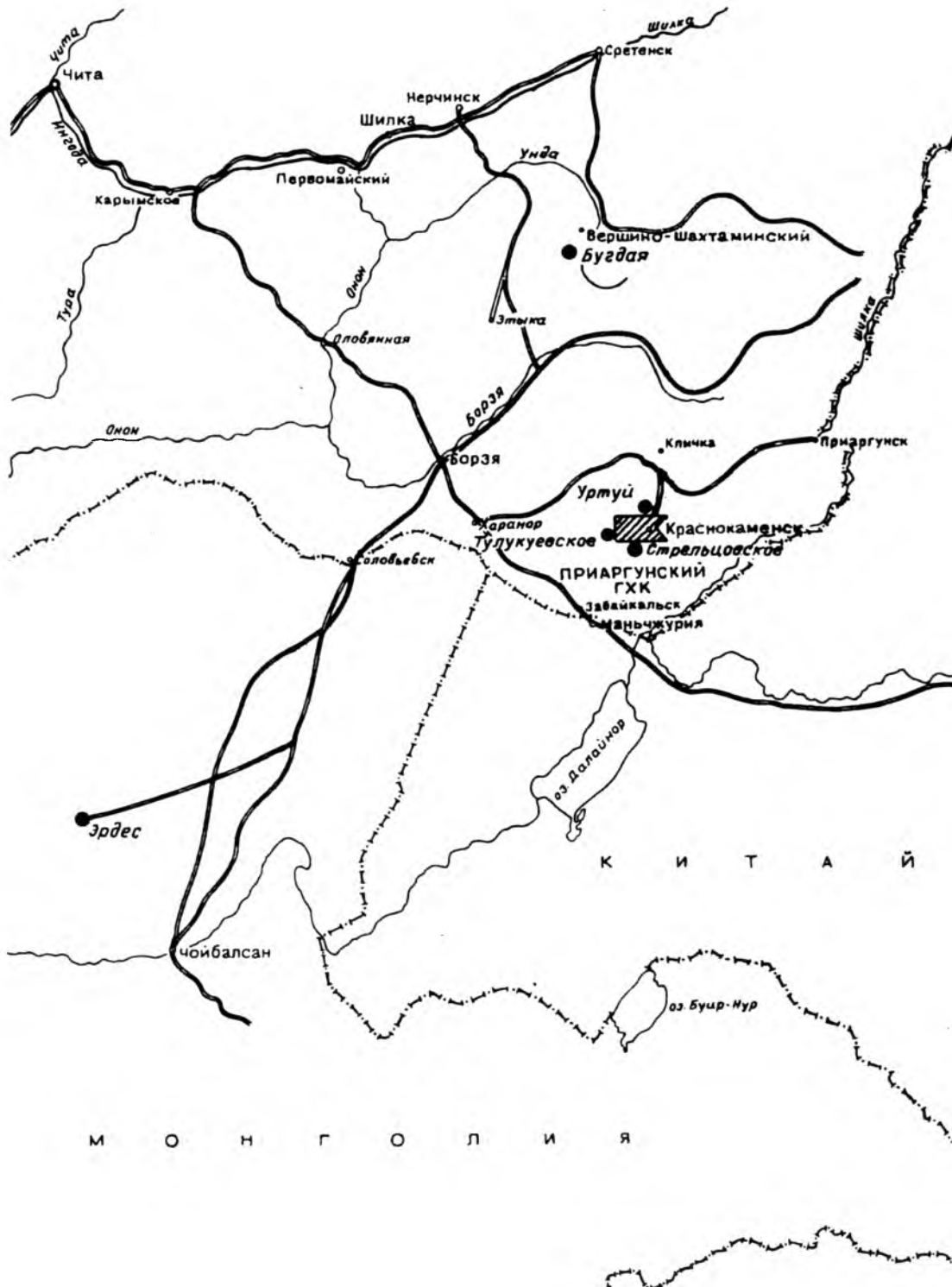
(г. Краснокаменск, Читинская обл.)

Приаргунский горно-химический комбинат — самый крупный по добыче урана, начали строить в 1968 г. на базе Стрельцовской группы урановых месторождений в Читинской обл. в соответствии с постановлением Совета Министров от 20 февраля 1968 г. № 108-31.

Строительство проходило в суровых природных условиях необжитой, экономически неосвоенной Забайкальской степи, практически при полном отсутствии местных трудовых ресурсов, энергетических мощностей, железных и автомобильных дорог. В качестве объектов



Ю.В. Кузнецов, директор Прикаспийского горно-металлургического комбината в 1978—1992 гг.



Приаргунский горно-химический комбинат (регион деятельности)

первой очереди одновременно возводили крупнейший в отрасли горно-добывающий и перерабатывающий комплексы, жилые и объекты соцкультбыта.

В короткий срок были построены крупный подземный рудник № 1 производительностью 1,2 млн. т руды в год, карьеры на месторождениях Тулукуй и Красный камень производительностью 700 тыс. т руды в год, гидрометаллургический и серноокислотный заводы, ТЭЦ, ремонтно-механический завод и другие подразделения, обеспечивающие работу этого сложного комплекса, проложена железная дорога протяженностью 150 км, связывающая Комбинат с Транссибирской магистралью, создана сеть автомобильных дорог и построен современный благоустроенный г. Краснокаменск на 60 тыс. жителей.

Строительство предприятий первой очереди было завершено в основном в 1972 г., в 1973 г. освоена проектная производительность.

Строительство объектов второй очереди было завершено в 1975 г. Всего на предприятии было построено три подземных рудника (№№ 1, 2 и 4) и один рудник открытых работ № 3. При этом каждый подземный рудник был построен с расчетом возможности отработки нескольких месторождений одновременно.

Для ускорения промышленного освоения месторождений, отрабатываемых подземным способом, проектирование и строительство рудников вели параллельно с разведкой месторождений, с использованием на первой стадии строительства разведочных стволов шахт для подготовки горизонтов к эксплуатации.

Для обеспечения высоких объемов добычи урана была применена каскадная схема отработки месторождения, что позволило начать добычу руды задолго до завершения строительства основных поверхностных объектов. В результате реализации этих решений и некоторых технических мероприятий в 1979 г. было добыто более 2 млн. т руды, в том числе на подземных работах более 1,2 млн. т. Так в сжатые сроки (1968—1980 гг.) был создан крупнейший в стране горнодобывающий и перерабатывающий комплекс по производству урана.

В связи со значительным приростом запасов урана министр Е.П. Славский поручил институту ПромНИИпроект разработать в 1975 г. проект строительства третьей очереди Комбината, с вводом которой в эксплуатацию мощ-

ность предприятия по добыче и переработке руды должна была составить 3,5 млн. т в год.

В 1976—1985 гг. было закончено строительство промышленных объектов первой очереди предприятия (рудники № 1 и 3, ГМЗ, СКЗ, ТЭЦ, РМЗ и др.), построены основные объекты второй очереди и начато строительство объектов третьей очереди. В результате ввода производственных мощностей второй очереди объем выпуска продукции увеличился в 2,5 раза.

В соответствии с соглашением между Правительством СССР и МНР от 23 декабря 1981 г. «О разработке урановых месторождений на территории МНР» и на основании постановления Совета Министров СССР от 17 мая 1982 г. № 543-150сс Приаргунский горнохимический комбинат приступил в 1983 г. к строительству советского горнодобывающего предприятия на территории МНР на базе группы урановых месторождений Дорнотского рудного поля, расположенного в 300 км от г. Краснокаменска.

Было начато строительство двух подземных рудников и карьера общей производительностью 2 млн. т руды в год.

Карьер «Дорнот» производительностью 400 тыс. т руды в год был введен в эксплуатацию в 1988 г.

Однако в связи с конверсией оборонных отраслей промышленности строительство новых подземных рудников третьей очереди на основной площадке (г. Краснокаменск) и в МНР было прекращено.

В 1986 г. на Комбинате было начато строительство угольного разреза по добыче энергетического угля на базе угольного месторождения Уртуй для сжигания его на Краснокаменской ТЭЦ. Первые тонны угля были добыты в 1989 г., в 1991 г. мощность разреза была доведена до 1 млн. т угля в год. В 1993 г. введена дополнительная мощность на 800 тыс. т угля в год.

За самоотверженный труд и выполнение плановых заданий коллектив Комбината в 1976 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а в 1980 г. — орденом Ленина.

Большой вклад в строительство и развитие Комбината внесли: директор С.С. Покровский, главные инженеры П.И. Югов, С.Г. Вечеркин, В.Ф. Зайцев, а также В.А. Криднер, Б.Н. Хоментовский, Н.Т. Кудрявцев, Ю.А. Кравцов, А.С. Лукашенко, М.П. Линденков, М.Ф. Па-

хель, В.Е.Ермолицкий, М.Г.Ищенко, Ю.Н.Наумов, А.А.Заярный, Н.П.Фофанов, В.П.Мяков, Н.Н.Волков, Ю.Н.Галинов, Ю.Б.Ковшар, С.Х.Хамидулин, Б.И.Долина, А.И.Карпов, В.А.Козлов, Б.В.Колесаев, В.Б.Колесаев, Ю.А.Безвербный, Л.И.Дорохов, И.Л.Иткин, В.А.Телятников, В.Г.Клименко, А.И.Скородумов, Э.К.Спирин, Н.В.Красивский, М.П.Карнаухов, В.А.Рак, Л.Н.Лобанов, А.И.Мишарин, В.Г.Макаров, П.П.Савва, Ю.Я.Кабанов, А.Ф.Баринев, В.Н.Зонтов, Д.И.Сприкут, Н.П.Каюдин, В.А.Бурдаш, В.П.Адамский, Ю.В.Андреев, В.К.Филимонов и многие другие.

В соответствии с программой конверсии оборонных отраслей промышленности в конце 80-х гг. на Комбинате была снижена добыча урана на действующих рудниках.

В целях сохранения промышленного персонала, использования высвобождающихся производственных мощностей, снижения затрат на производство была принята концепция широкого применения горно-химической технологии на рудниках со строительством крупномасштабного объекта по кучному выщелачиванию добытых бедных и средних по содержанию урана руд; как составной технологической цепочки завода; начато освоение месторождений Бугдая (молибденовое), Громовское (марганцевое), Шывыртуй (цеолитовое).

Приаргунский горно-химический комбинат (АООТ «Приаргунское горно-химическое объединение»), являющийся в настоящее время единственным в России крупным поставщиком урана, располагает также крупнейшими в России мощностями

по добыче и переработке молибденовых руд.

В структуру объединения входят горные предприятия, завод по производству серной кислоты, гидрометаллургический и машиностроительный заводы, крупное научно-иссле-

довательское подразделение. Объединение располагает широкоразвитой инфраструктурой, обладает мощной электроэнергетической базой, собственной геолого-разведочной службой, ведет строительство шахт, дорог, производственных и гражданских зданий и сооружений, добычу энергетических углей, молибденовых и марганцевых руд.

Кроме того, на предприятии осуществляются программы, которые включают переработку сульфидных и мышьяковистых золотосодержащих концентратов; выпуск смазок на основе дисульфида молибдена; производство оборудования для горнодобывающей и молочной промышленности.

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ

(пос. Первомайский, Читинская обл.)

Завитинское литеевое рудоуправление (Читинская обл.) было передано из Министерства цветной металлургии СССР в ведение Министерства среднего машиностроения СССР в 1956 г. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 17 марта 1956 г. № 352-225сс для обеспечения нужд атомной промышленности литеевой продукцией.

С момента передачи Завитинского литеевого рудоуправления в ведение Минсредмаша СССР ему было присвоено наименование Рудоуправление № 16, а с 1967 г. — Забайкальский горно-обогатительный комбинат (ЗГОК).

Для полного обеспечения атомной промышленности литеевым сырьем в 1956 г. на базе Завитинского месторождения началось строительство горно-обогатительного предприятия. В течение 1956—1961 гг. был построен горно-обогатительный комплекс производительностью 800 тыс. т руды в год и несколько вспомогательных объектов.

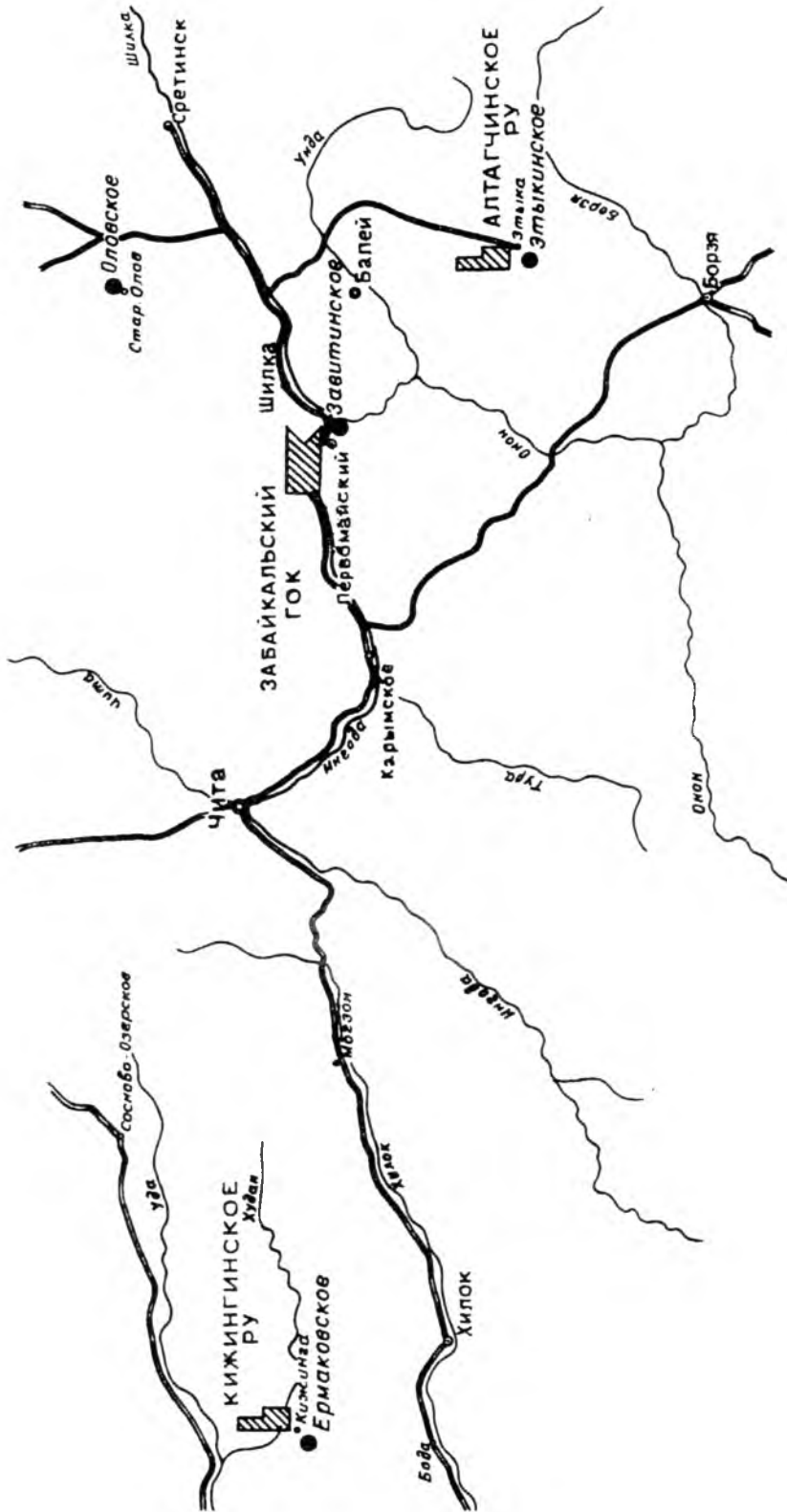
Цель создания Комбината заключалась в добыче и обогащении сподумено-бериллиевых руд с получением литеевых и попутно бериллиевых и танталовых концентратов.

В 1962 г. на предприятии был впервые получен литеевой и попутно танталовый и оловянный концентраты.

Приказом по Министерству в 1966 г. предусматривалось дальнейшее расширение и реконструкцию ЗГОК с ростом объемов добычи и переработки руды в целях увеличения выпуска литеевого концентрата, попутного получения



С.С. Покровский, директор Западного горно-обогатительного комбината в 1961—1968 гг., директор Приаргунского горно-химического комбината в 1968—1997 гг.



Забайкальский горно-обогатительный комбинат (регион деятельности)

бериллиевого, танталового, кассетиритового концентратов, а также кварц-полевошпатового продукта.

За короткий срок (1956—1968 гг.) в Забайкалье были построены крупное промышленное предприятие с комплексом основных и вспомогательных служб и цехов, благоустроенный поселок городского типа с развитой инфраструктурой.

Однако выпуск бериллиевых концентратов на предприятиях ПГУ в 60-х и 70-х гг. не удовлетворял полностью потребности атомной промышленности в этой продукции.

Для выполнения этой задачи в 1970 г. началось, а в декабре 1980 г. закончилось строительство нового горнодобывающего предприятия, входящего в структуру Комбината, — Кижингинского рудоуправления (Бурятская АССР) на базе Ермаковского флюорит-бериллиевого месторождения. В 1980 г. были введены в эксплуатацию карьер мощностью по добыче 100 тыс. т руды в год и на основной площадке промышленная секция обогатительной фабрики по получению бериллиевого концентрата, а в 1982 г. начат выпуск флюоритового концентрата. Одновременно с этим на Комбинате осуществлялись мероприятия по систематическому совершенствованию технологии работ, внедрению новой техники и улучшению организации труда.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 14 мая 1985 г. № 424-146 Комбинат начал строительство еще одного горно-перерабатывающего предприятия — Алтагчанского рудоуправления на базе Этыкинского танталового месторождения, которое осталось недостроенным в связи с прекращением государственного финансирования в 1992 г.

За период деятельности и развития Забайкальского горно-обогатительного комбината до 1990 г. объемы добычи и переработки увеличились в десятки раз.

Наибольший вклад в строительство и развитие Забайкальского горно-обогатительного комбината внесли директора Комбината Д.М. Маров, И.Н. Козыренко, В.И. Разумов, гл. инженеры Ф.С. Елохин, Б.Я. Руденко, а также П.И. Брауде, П.П. Змановский, А.Г. Гребенкин, Б.Г. Гаврюсев, Г.В. Киркифова, А.А. Паршенков, Б.А. Кац, Н.Т. Абленцев, В.И. Пичуев, И.И. Курсинов, А.В. Коломеец, С.В. Косоно-



Д.М. Маров, директор Рудоуправления № 16 в 1957—1967 гг., директор Забайкальского горно-обогатительного комбината в 1967—1977 гг.



И.Н. Козыренко, директор Забайкальского горно-обогатительного комбината в 1977—1990 гг.

гов, О.В. Силаков, А.А. Касьяненко, В.И. Лопинцев и многие другие.

В связи с конверсией оборонных отраслей промышленности потребность в продукции Забайкальского горно-обогатительного комбината начала резко сокращаться.

Процесс конверсии оборонных отраслей промышленности существенно повлиял на деятельность Комбината и привел к резкому снижению выпуска литиевых и бериллиевых концентратов. В 1994 г. он снизился относительно 1989 г. по литиевому концентрату более чем в 5 раз, а по бериллиевому почти в 100 раз. Выпуск танталового, ниобиевого, оловянного концентратов и кварц-полевошпатового продукта в 1994 г. был прекращен.

В целях адаптации к рыночным условиям в соответствии с распоряжением Госкомимущества Российской Федерации от 23 января 1994 г. № 2195-р. Комбинат был преобразован в Акционерное общество открытого типа — «Забайкальский горно-обогатительный комбинат», который разработал программу по стабилизации экономики и выживанию.

В частности, в настоящее время реализуются проекты по освоению рудных и россыпных месторождений золота Забайкалья; часть производственных мощностей обогатительной фабрики реконструируются под гидрометаллургию труднообогатимых флотоконцентратов золота; создана новая установка по производст-

ву вольфрамового ангидрида; ведутся работы по дозагрузке мощностей обогащательной фабрики рудами месторождений Покровского (золото), Чинейского (медь, титан, железо) и других месторождений региона.

Реализация этих направлений в какой-то мере улучшит финансовое положение предприятия, но не компенсирует полностью его потери от резкого сокращения основного производства.

В этой связи в соответствии с Указом Президента РФ от 29 января 1992 г. № 61 о создании замещающих производств в России, в Минатоме РФ разработана Федеральная целевая комплексная программа «ЛИБТОН» (литий, бериллий, тантал, олово, ниобий), реализация которой предусматривает добычу, производство и потребление лития, бериллия, тантала, олова и ниобия с использованием существующих мощностей и строительством металлургического завода в Забайкалье (утверждена постановлением правительства РФ от 10 ноября 1996 г. № 1345).

МАЛЫШЕВСКОЕ РУДОУПРАВЛЕНИЕ (пос. Малышева, Свердловская обл.)

До 1942 г. группу месторождений «Изумрудные копи» в Свердловской обл, куда входило и Малышевское месторождение, обрабатывали на изумруды старательским способом, а технический берилл добывали как попутную продукцию.

С 1942 г. бериллиевый концентрат начал приобретать стратегическое значение и на Малышевском месторождении стали расширяться добыча и переработка технического берилла.

Комбинат № 3 Министерства цветной металлургии СССР, в ведении которого находились работы, совершенно не удовлетворял потребности атомной промышленности и народного хозяйства страны в этом виде продукции.

Постановлением Совета Министров СССР от 17 апреля 1956 г. № 353-225 Комбинат № 3 был передан в ведение Минсредмаша СССР.

Приказом по министерству от 16 августа 1956 г. № 562сс было предусмотрено строительство предприятия с годовой производительностью по добыче и переработке 330 тыс. т бериллиевой руды с попутной добычей изумрудов и получением 50 т бериллия в концентрате.

С 1956 г. начинаются интенсивная реконст-

рукция и расширение Комбината № 3 (с 1967 г. Малышевское рудоуправление).

К 1962 г. строительство практически нового предприятия было в основном закончено, оно было принято в эксплуатацию. За эти годы были построены карьер, обогащательная фабрика, благоустроенный поселок и несколько других объектов.

В связи с ограниченностью запасов руды в карьере с 1966 г. началось строительство подземного рудника производительностью 400 тыс. т руды в год ниже дна действующего карьера. В 1967 г. начато освоение Квартально-го месторождения танталобериллиевых руд со строительством на его базе карьера производительностью 200 тыс. т руды в год.

Однако с развитием атомной промышленности ее потребность в бериллиевом сырье не удовлетворялась полностью.

Для решения этой задачи на Малышевском рудоуправлении было начато строительство еще одного карьера производительностью 350 тыс. т руды в год на базе месторождения редкометалльных пегматитов Липовый Лог, содержащих берилл. Карьер был введен в эксплуатацию в 1980 г.

С момента передачи Комбината № 3 в ведение Минсредмаша на Малышевском месторождении не прекращались попутная добыча и обработка изумрудного сырья, выпуск граненых и шлифованных изумрудов, а также изумрудной зелени.

В связи с увеличением спроса на изумрудную продукцию в 1967 г. по заданию руководства министерства были разработаны мероприятия по увеличению добычи изумрудного сырья и выпуска из него экспортной продукции.

Осуществление мероприятий позволило в 1970 г. увеличить выпуск граненых изумрудов более чем в 5 раз, а шлифованных — в 15 раз по сравнению с 1960 г.



О.И. Хохлов, директор Рудоуправления № 15 в 1957—1961 гг., директор Малышевского рудоуправления в 1961—1982 гг., директор Восточного горно-обогатительного комбината в 1982—1988 гг.

В 1975 г. на предприятии были построены новая изумрудоизвлекающая фабрика и гранильное отделение с учетом современного уровня развития техники и технологии.

Для комплексной переработки пегматитов редких металлов в 1986 г. введена в эксплуатацию обогатительная фабрика с современной технологией, позволяющей получать концентраты редких металлов, а также полевошпатовый и слюдяной мусковитовый концентрат из руд месторождений, обрабатываемых Малышевским рудоуправлением.

В конце 80-х годов потребность в бериллиевой продукции предприятия начала резко сокращаться, а с распадом СССР из-за отсут-

ствия спроса выпуск бериллиевого концентрата на Рудоуправлении был прекращен.

В 1993 г. из состава Малышевского рудоуправления вышел подземный рудник по добыче и переработке изумрудного сырья и стал самостоятельным предприятием акционерного типа.

В организации и развитии Малышевского рудоуправления активное участие принимали директора рудоуправления Кузин, О.И. Хохлов, Ю.П. Зорин, В.Г. Зелев, М.Т. Кочнев, главные инженеры Х.Ю. Бикмурзин, Е.В. Пряничников, О.Е. Королев, а также А.Ф. Ласковенков, В.Л. Стернин, А.В. Самсонов, В.В. Миклушевский, П.П. Малышев и многие другие.

IX. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, ИХ ПЕРЕРАБОТКА И ЗАХОРОНЕНИЕ

Н.Н. Егоров, А.С. Поляков

ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (РАО)

Все виды деятельности, связанные с использованием радиоактивных материалов, а именно: создание ядерного оружия, атомного ледокольного флота, атомных подводных лодок, использование ядерного топлива для выработки электрической энергии на АЭС, использование радионуклидов в науке, медицине и народном хозяйстве, — сопровождаются образованием радиоактивных отходов.

Проблема экологической безопасности всех видов радиоактивных отходов в Российской Федерации, также как и во всем мире, в настоящее время особенно актуальна.

Большое количество накопленных и постоянно образующихся радиоактивных отходов вызывает серьезное беспокойство в связи с потенциальной радиационной опасностью.

Общественность все более активно влияет на все вопросы, связанные с экологическими аспектами деятельности предприятий и организаций, использующих радиоактивные материалы. В связи с этим необходимо совершенствовать существующую практику обращения с РАО и довести ее до уровня, соответствующего современным нормам и требованиям.

Источниками РАО являются следующие производства и операции:

добыча и переработка радиоактивных руд, производство ядерного топлива;

Таблица 1. Источники образования, количество и места хранения радиоактивных отходов

Источник	Вид	Объем, м ³	Активность		Место захоронения
			Бк	Ки	
Добыча и переработка руд	Шламы и отвалы пород	$1,0 \cdot 10^8$	$6,7 \cdot 10^{15}$	$1,8 \cdot 10^5$	Площадки
Обогащение урана и производство твэлов	Жидкие и твердые	$1,6 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^{14}$	$4,0 \cdot 10^3$	Хвостохранилища, склады и площадки
АС	Концентрированные	$1,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{15}$	$4,0 \cdot 10^4$	Емкости-хранилища на АС
	Твердые	$1,2 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^3$	Хранилища АС
	Отвержденные	$1,6 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^3$	«
Переработка твэлов и производство оружейных ядерных материалов	Жидкие ВАО	$2,5 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^{19}$	$5,7 \cdot 10^8$	Емкости в ПО «Маяк» Специальные хранилища АС в ПО «Маяк»
	Остеклованные ВАО	$9,5 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^{18}$	$2,0 \cdot 10^8$	
	Жидкие НАО и САО	$4,0 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^{19}$	$7,0 \cdot 10^8$	Емкости, водоемы и бассейны
	Твердые	$1,0 \cdot 10^8$	$4,4 \cdot 10^{17}$	$1,2 \cdot 10^7$	Железобетонные приповерхностные хранилища
Ледоколы и транспортные средства	Жидкие	$3,9 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^{10}$	0,6	Береговые хранилища «
	Твердые	$1,5 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^{14}$	$2,0 \cdot 10^4$	
Строительство, эксплуатация и снятие с эксплуатации атомных подводных лодок	Жидкие	$1,6 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$6,8 \cdot 10^2$	Береговые хранилища Хранилища на предприятиях и плавучие базы
	Твердые	$1,4 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^{13}$	$9,0 \cdot 10^2$	
Применение радионуклидных источников	Жидкие, твердые и отвержденные. Капсулированные отработанные источники	$2,0 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^{16}$	$2,0 \cdot 10^6$	На предприятиях НПО «Радон»

производство оружейных ядерных материалов;

эксплуатация АС;

переработка облученного ядерного топлива;

эксплуатация и снятие с эксплуатации кораблей и судов с транспортными ядерными энергетическими установками;

проведение научно-исследовательских работ с использованием радиоактивных веществ и делящихся материалов;

применение радионуклидов в медицине, науке и технике;

подземные ядерные взрывы.

Кроме того к радиоактивным отходам относятся не подлежащее переработке отработавшее ядерное топливо.

К 1996 г. в России было накоплено около 600 млн. м³ радиоактивных отходов с суммарной активностью около $5,5 \cdot 10^{19}$ Бк (1,5 млрд. Ки). При этом основная масса активности (более 90%) содержится в отходах, образовавшихся в результате наработки ядерных оружейных материалов и находящихся на предприятиях Минатома России [4]. Более подробные данные об источниках образования и местах хранения радиоактивных отходов приведены в табл. 1.

Защита населения и окружающей среды от вредного воздействия радиоактивных отходов достигается надежной их изоляцией от биосферы, т. е. подготовкой их к захоронению (кондиционированием) и размещением в специально созданных могильниках.

КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Выбор системы кондиционирования и способа захоронения ВАО зависит от многих факторов и прежде всего от вида отходов, их ко-

личества, удельной активности, химического и радионуклидного состава.

Уже на первом этапе обращения с РАО (сбор отходов) проводится их строгое разделение в соответствии с принятой в РФ классификацией. В основу принятой классификации положено два основных показателя: агрегатное состояние и удельная активность.

По агрегатному состоянию РАО делятся на жидкие (ЖРО), твердые (ТРО) и газообразные (ГРО). При этом к жидким РАО относятся не только растворы и органические жидкости, но и гетерогенные системы типа пульпы и шлаков с высоким содержанием воды. К таким системам относятся гидроксидные и ферроцианидные шламы, образующиеся в результате очистки ЖРО по осадительной технологии, и пульпы фильтроматериалов (ионообменных смол, неорганических сорбентов, перлита и т.п.). Основную массу ТРО составляет вышедшее из строя и снятое с эксплуатации оборудование, загрязненное радионуклидами.

По удельной активности жидкие радиоактивные отходы делятся на: низкоактивные (НАО) с удельной активностью менее $3,7 \cdot 10^5$ Бк/л ($1 \cdot 10^{-5}$ Ки/л); среднеактивные (САО) с удельной активностью от $3,7 \cdot 10^5$ Бк/л ($1 \cdot 10^{-5}$ Ки/л) до $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л (1 Ки/л) и высокоактивные (ВАО) с удельной активностью более $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л (1 Ки/л).

При классификации ТРО используется три критерия:

1) мощность дозы γ -излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности;

2) удельная активность по β - и α -излучателям;

3) поверхностная загрязненность.

По степени загрязненности ТРО делятся на три группы, характеристика которых приведена в табл. 2.

Таблица 2. Классификация ТРО по уровню радиоактивной загрязненности

Критерий	Излучатели, единица	Группа отходов		
		I низкая	II средняя	III высокая
1	мэВ/ч	$1 \cdot 10^{-4} - 0,3$	0,3—10,0	10,0
2	β -Излучатели, Бк/кг	$7,4 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^6 - 3,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^9$
	α -Излучатели, Бк/кг	$7,4 \cdot 10^3 - 3,7 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5 - 3,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^8$
3	β -Излучатели, част./см ² ·мин)	$5 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$
	α -излучатели, част./см ² ·мин)	$5 - 1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$

В настоящее время из ТРО первой группы выделяются отходы с очень низкой загрязненностью, которые при наличии соответствующего сертификата могут быть выделены из-под радиационного контроля и разрешены для ограниченного (т. е. заранее определенного) повторного использования.

ПРОЦЕССЫ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Первой стадией кондиционирования ЖРО являются процессы полной или частичной очистки основной массы нерадиоактивных компонентов от радионуклидов. В первом случае объем ЖРО сокращается, а очищенные компоненты отходов (в основном вода) возвращаются для повторного использования. Во втором случае объем ЖРО может и не уменьшиться, однако большая их часть переводится в категорию отходов с более низкой удельной активностью, что облегчает дальнейшее обращение с ними.

Для решения этих задач используются следующие технологические приемы: упарка, осаждение, ионообменная очистка, фильтрация, электродиализ и др.

Образующиеся в результате указанной обработки радиоактивные солевые концентраты, пульпы и шламы либо отверждаются и подготавливаются к захоронению, либо передаются на временное хранение до создания и ввода в эксплуатацию соответствующих установок отверждения. Для отверждения ЖРО в РФ используются: битумирование и цементирование для ЖРО среднего и низкого уровней активности и остекловывание для ЖРО высокого уровня активности.

В некоторых случаях, при благоприятных гидрогеологических условиях, после соответствующей подготовки, ЖРО низкого и среднего уровней активности закачиваются в глубоководные пласты-коллекторы.

Жидкие РАО, содержащие только очень короткоживущие радионуклиды, как правило, выдерживаются в специальных емкостях в течение времени, достаточного для распада радионуклидов до допустимых санитарными правилами уровней, после чего они переводятся в разряд нерадиоактивных отходов.

Обработка твердых радиоактивных отходов

включает следующие технологические приемы.

Полная или частичная дезактивация. В результате этого процесса ТРО либо возвращают для повторного неограниченного или ограниченного использования, либо переводят в категорию нерадиоактивных отходов. Частичная дезактивация облегчает дальнейшее обращение с ТРО и снижает опасность радиационного облучения обслуживающего персонала.

Сжигание горючих ТРО. Приводит к значительному сокращению объема отходов. Образующуюся радиоактивную золу омоноличивают и в кондиционированном виде передают на временное хранение или захоронение.

Прессование ТРО. Приводит к сокращению захораниваемых отходов. Полученные брикеты помещают в контейнеры и передают на временное хранение или захоронение.

Измельчение (дробление, резка). Такой обработке обычно подвергают крупногабаритные ТРО для более компактной упаковки в контейнерах.

Газообразные отходы проходят систему очистки от радиоактивных аэрозолей или летучих соединений радионуклидов (иода, рутения) до допустимых уровней. Газообразные отходы, содержащие радиоактивные инертные газы, выдерживаются в специальных емкостях.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ РАДИОАКТИВНЫХ РУД И ИЗГОТОВЛЕНИИ ТВЭЛОВ

Радиоактивные отходы, образующиеся при добыче руд, обогащении урана и переработке урановых концентратов,— особый вид отходов. Они низкоактивны, но содержат долгоживущие α -излучатели. Эти отходы существуют в виде жидких отходов урановых шахт, карьеров и гидрометаллургических заводов, содержащих основное количество растворенного урана и радия, и в виде твердых отходов, находящихся в хвостохранилищах и отвалах забалансовых руд. Так как в этих отходах содержатся долгоживущие радионуклиды, их хранение на поверхности земли или в неглубоких траншеях небезопасно.

Для снижения количества жидких радиоактивных отходов предусмотрено обратное водоснабжение с максимальным использованием сбросных вод в технологических процессах

основного и вспомогательных производств. Однако, чтобы полностью решить проблему жидких радиоактивных отходов, их кондиционируют и захоранивают.

Более сложную проблему составляют твердые РАО из-за их больших объемов и состава радионуклидов, создающих опасность попадания в атмосферу радона и продуктов его распада. В настоящее время отсутствует какой-либо приемлемый способ надежной изоляции уже накопленных отходов от окружающей среды. Частичным решением проблемы может быть внедрение малоотходной подземной добычи руд с закладкой выработанного пространства пустыми породами и хвостами обогащения и гидрометаллургии.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

В ходе эксплуатации АЭС образуются жидкие, твердые и газообразные отходы. Все отходы (за исключением отработавшего ядерного топлива) относятся к отходам низкого и среднего уровней активности. Согласно принятой в настоящее время концепции обращения с радиоактивными отходами все накопленные и вновь образующиеся жидкие и твердые радиоактивные отходы должны быть кондиционированы. В кондиционированной форме они будут находиться в контролируемых хранилищах на АЭС до создания региональных могильников.

Полностью схема кондиционирования с использованием метода битумирования осуществлена только на трех АЭС. На Ленинградской станции установка битумирования эксплуатируется с 1984 г., на Калининской — с 1990 г., на Балаковской установка битумирования находится в стадии пуско-наладочных работ. Для осуществления процесса битумирования используются тонкопленочные роторные битуматоры типа РБ-1000-12 производительностью 400 л/ч (на Ленинградской АЭС) и РБ-800-6 производительностью 200 л/ч (на Калининской и Балаковской АЭС). Указанные установки, различаясь производительностью, имеют одинаковые конструкции и принцип работы. Они могут эксплуатироваться в двух режимах: солевые концентраты перерабатываются в непрерывном режиме, гетерогенные шламы и пульпы — в периодическом. Процесс проводят при 130—150 °С. Образующийся при битуми-

ровании битумный компаунд содержит до 40% сухого остатка радиоактивных отходов и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кондиционированным отходам. На Ленинградской АЭС и первой очереди установки битумирования Калининской АЭС для хранения битумированных отходов используют приповерхностные бетонные наливные хранилища. На второй очереди установки битумирования Калининской и на Балаковской АЭС битумированный отход расфасовывают в 200-литровые бочки.

На остальных АЭС радиоактивные концентраты временно хранятся в специальных емкостях. Чтобы сократить объем хранящихся ЖРО на некоторых АЭС (Нововоронежской, Кольской, Балаковской), их дополнительно концентрируют на установках глубокого упаривания (УГУ).

ТРО в некондиционированном виде хранятся в приповерхностных бетонированных хранилищах.

Для очистки ГРО на каждой АЭС существует система фильтров, исключая возможность радиоактивного выброса, превышающего допустимые уровни.

В дальнейшем все АЭС должны быть оборудованы системами кондиционирования ЖРО и ТРО. При этом для отверждения жидких и кондиционирования твердых РАО будут использоваться неорганические матричные материалы. Чтобы сократить объем твердых отходов перед омоноличиванием, их прессуют, измельчают и сжигают.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ

В результате эксплуатации АЭС, транспортных установок ледоколов и подводных лодок, исследовательских реакторов и других энергетических установок образуется отработавшее ядерное топливо, которое нуждается в переработке (табл. 3). Особенностью отработавшего ядерного топлива является высокое содержание в нем α -излучающих радионуклидов.

В настоящее время отработавшее топливо реакторов ВВЭР-440, реакторов на быстрых нейтронах — конверторов БН-350 и БН-600, транспортных установок ледоколов и подводных лодок и исследовательских реакторов перерабатывается на радиохимическом заводе

Таблица 3. Количество отработавшего ядерного топлива, хранящегося на предприятиях РФ

Источник	Количество, т	Активность		Местонахождение
		Бк	Ки	
Реакторы РБМК	6000	$1,1 \cdot 10^{20}$	$3,0 \cdot 10^9$	Смоленская, Ленинградская и Курская АЭС
Реакторы ВВЭР-440	1000	$2,9 \cdot 10^{19}$	$8,0 \cdot 10^8$	Калининская, Балаковская, Кольская, Белоярская, Билибинская, Нововоронежская АЭС
Реакторы ВВЭР-1000	1000	$1,8 \cdot 10^{19}$	$5,0 \cdot 10^8$	Красноярский горно-химический комбинат
Реакторы ВВЭР-440, БН-350, БН-600, ЕС-150, транспортные ЯЭУ	465	$4,1 \cdot 10^{18}$	$1,1 \cdot 10^8$	ПО «Маяк»
Атомные подводные лодки	30	$5,5 \cdot 10^{17}$	$1,5 \cdot 10^7$	Береговые и плавучие хранилища
Атомный ледокольный флот	7,7	$6,3 \cdot 10^{17}$	$1,7 \cdot 10^7$	Плавучие технические базы

РТ-1 ПО «Маяк» (г. Озерск). Целью переработки отработавшего ядерного топлива является регенерация урана и плутония и повторное их использование при изготовлении твэлов. Рецикл ядерных материалов только в энергетические реакторы на тепловых нейтронах позволяет вдвое сократить добычу урана, на которую приходится 40–50 % всей стоимости топливной инфраструктуры.

Переработка отработавшего ядерного топлива реакторов РБМК и ВВЭР-1000 в настоящее время не осуществляется.

Для переработки отработавшего топлива реакторов ВВЭР-1000 строится второй радиохимический завод РТ-2. Вопрос о судьбе отработавшего топлива реакторов РБМК пока остается не ясным. До принятия какого-либо решения по этому вопросу оно будет находиться на контролируемом хранении.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА И В ПРОЦЕССЕ РЕАЛИЗАЦИИ ВОЕННЫХ ПРОГРАММ

При переработке отработавшего ядерного топлива на заводе РТ-1 ПО «Маяк» наряду с отходами низкого и среднего уровней активности образуется большое количество высокоактивных отходов.

Для отверждения ВАО в 1987 г. был пущен в эксплуатацию цех остекловывания с использованием печи прямого электрического нагрева — «керамического плавителя». Образующиеся при регенерации урана и плутония ВАО, поступающие на остекловывание, представляют собой концентрированные (130–260 г/л)

растворы азотнокислых солей с удельной активностью $7,4 \cdot 10^{10}$ – $1,8 \cdot 10^{12}$ Бк/л (20 – 50 Ки/л), обусловленной в основном ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Керамический плавитель — прямоугольный бассейн, установленный в металлическом водоохлаждаемом корпусе. В пол плавителя вмонтированы стержневые молибденовые электроды с водоохлаждаемыми токоподводами.

На поверхность расплава подается смесь упаренного отхода, флюса-стеклообразователя (ортофосфорной кислоты) и раствора этиленгликоля, препятствующего образованию летучих соединений рутения. Соотношение компонентов обеспечивает получение стекловидного материала следующего состава (массовое содержание, %): Na_2O — 22–26%; Al_2O_3 — 19–23%; P_2O_5 — 53–57%; оксиды Ca, PЗЭ, Zr — 6,5–7,0%.

Варку стекла проводят при 950–970 °С. Готовая стекломасса перетекает в накопительную зону, откуда периодически сливается в специальные емкости (бидоны) из нержавеющей стали, которые передаются в контролируемое временное хранилище с организованным теплосъемом.

За шестилетний период непрерывной эксплуатации плавителя переработано более 11 000 м³ жидких ВАО и получено 2200 т стекломассы с суммарной активностью около $1 \cdot 10^{19}$ Бк ($2,8 \cdot 10^8$ Ки). Недостатком данной технологии является возможность накопления электропроводящих осадков на основе благородных металлов при длительной эксплуатации плавителя не только на специально предусмотренных для их сбора участках, но и на дне. Это может приводить к образованию

электропроводящей перемишки между электродами, потере электрической мощности и резкому снижению температуры расплава.

Наряду с освоением технологии остекловывания ВАО в керамическом плавителе разрабатывался процесс остекловывания с использованием индукционного плавителя — «холодный тигель». В настоящее время установка с холодным тиглем смонтирована на заводе РТ-1, где готовятся к испытаниям на имитаторах ВАО.

Особенностью аппарата с холодным тиглем является электромагнитная индукционная система подачи энергии к расплаву через зазоры трубчатки водоохлаждаемой стенки тигля-плавителя с застывшим пристенным слоем расплава. Использование индукционного плавителя требует предварительного более глубокого или полного обезвоживания растворов.

Достоинствами такой двухстадийной технологии является компактность и высокая производительность установки, возможность ее дистанционного ремонта и замены. Кроме того, использование индукционного нагрева позволяет достигать в плавителе более высоких температур и использовать установку для получения более устойчивых минералоподобных материалов.

Освоение технологии с использованием индукционного плавителя позволит перевести в устойчивую стекловидную форму ферроцианидные, гидроксидные и сульфидные шламы, образовавшиеся на начальном этапе развития атомной промышленности в результате использования осадительной технологии для переработки жидких ВАО. В настоящее время эти шламы хранятся в емкостях.

Параллельно прорабатывается вариант извлечения из этих шламов после их растворения радиоактивных цезия и стронция и α -излучающих радионуклидов. При этом объем ВАО, подлежащих остекловыванию, значительно сокращается, а основная масса отходов переходит в категорию среднеактивных. Остекловыванию подлежат и хранящиеся в емкостях высокоактивные перлитные пульпы.

Кроме ВАЖО на ПО «Маяк» существует большая группа отходов среднего уровня активности. Эти отходы частично находятся в емкостях, а частично — в открытом водоеме.

Для отходов, находящихся в емкостях и вновь образующихся, разработано два вариан-

та отверждения: битумирование и цементирование.

Для битумирования среднеактивных ЖРО на ПО «Маяк» будет использован трубчатый битуматор ТВ-16. Битуматор представляет собой короткотрубчатый выпарной аппарат с двумя винтами, закрепленными на вертикальном валу, обеспечивающими принудительное перемешивание массы [6]. Битуматор имеет сепарационную зону с механическим каплеотбойником. Процесс в таком аппарате проходит в полунепрерывном режиме.

К среднеактивным отходам ПО «Маяк» относятся еще два вида отходов: тритийсодержащий конденсат и отработавшие органические экстрагенты. Для локализации тритийсодержащих отходов разрабатывается процесс их цементирования с нанесением на поверхность цементного блока гидроизолирующей оболочки. Для переработки и локализации отработавших экстрагентов разрабатывается два альтернативных варианта: отверждение методом цементирования или сжигания.

Кроме жидких радиоактивных отходов на ПО «Маяк» накоплено большое количество твердых радиоактивных отходов. Существующий способ обращения с ТРО состоит в захоронении их без переработки в земляных траншеях или бетонных хранилищах (в зависимости от уровня радиоактивности). Перед помещением в хранилище ТРО сортируются на месте их образования и затариваются в первичные упаковки. Такой способ обращения с ТРО требует больших объемов могильников и не является экологически безопасным. В перспективе на ПО «Маяк» предполагается создание комплекса переработки ТРО, включающего установку прессования, установку сжигания горючих отходов и цементирования образующейся золы и цех по переработке металлических отходов, включающий операции резки, дезактивации и плавки. Для хранения кондиционированных ТРО будет создано специальное хранилище, рассчитанное на 10 лет эксплуатации.

Особое внимание должно быть уделено проблеме ТРО, содержащих α -излучающие нуклиды. Для обращения с этими отходами разработана следующая схема:

на первом этапе: создание хранилища для временного контролируемого хранения не переработанных, а только рассортированных и соответствующим образом упакованных отходов;

в перспективе: создание спирального комплекса по переработке, кондиционированию и захоронению α -активных отходов.

Все газообразные отходы перед сбросом в атмосферу проходят систему газоочистки, где содержание в них радионуклидов снижается до допустимых уровней.

Системы обращения с отходами на двух других радиохимических предприятиях: Горнохимическом комбинате (г. Железногорск) и Сибирском химическом комбинате (г. Северск) различаются тем, что образующиеся на них ЖРО низкого и среднего уровней активности после соответствующей подготовки закачиваются в глубокие подземные горизонты, в течение длительных геологических периодов изолированные от грунтовых и поверхностных вод. Захороненные таким образом отходы локализованы в пределах пластов-коллекторов и горных отводов и не оказывают вредного воздействия на людей и окружающую среду. Закачку осуществляют при строгом контроле за распространением РАО в подземных горизонтах с помощью контрольных скважин. После завершения эксплуатации полигоны захоронения будут законсервированы по специальной технологии, разработка которой уже начата.

Отходы среднего уровня активности, образующиеся при подготовке ЖРО к подземной закачке, в настоящее время частично хранятся в емкостях, а частично в открытых бассейнах-хранилищах. В емкостях хранятся и ЖВАО.

В перспективе все виды ЖРО среднего и высокого уровней активности будут отверждены и подготовлены к захоронению. Подземная закачка будет разрешена только для жидких отходов низкого уровня активности.

Все открытые бассейны-хранилища и водоемы должны быть переведены в безопасное состояние. Работы по консервации бассейнов-хранилищ на ПО «Маяк» и Сибирском химкомбинате уже проводятся.

**ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ,
ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И СНЯТИИ С ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРАБЛЕЙ ВМФ
И ГФ С ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ
УСТАНОВКАМИ И БАЗ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Эксплуатация и снятие с эксплуатации атомных подводных лодок связаны с образова-

нием и накоплением на предприятиях ВМФ больших объемов жидких и твердых РАО.

Существующие в настоящее время береговые базы имеют только бетонные хранилища для ТРО и систему спецводоочистки (коагуляция, выпаривание) и хранения концентратов в емкостях для ЖРО.

Для сбора, транспортирования и переработки ЖРО созданы две плавучие базы — транспортные суда «Амур» на Северном флоте и «Пинега» на Тихоокеанском. В перспективе должны быть созданы береговые базы, обеспечивающие переработку и кондиционирование всех видов радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации и снятии с эксплуатации судов военного и гражданского атомных флотов.

Определенная сложность связана с вывозом отработавшего ядерного топлива судовых ядерных энергетических установок, выведенных из эксплуатации. Это топливо должно быть направлено на переработку на ПО «Маяк». Особого внимания требует проблема обращения с аварийными тепловыделяющими сборками. Для их упаковки и транспортирования разрабатываются специальные контейнеры.

**ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ
ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ,
ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ
И ПРИ АВАРИЯХ НА ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Первоочередными задачами при решении проблемы обращения с РАО на предприятиях, не относящихся к ядерному топливному циклу, являются: проведение радиационного мониторинга; паспортизация объектов, на которых проводились ядерные взрывы; анализ проблемы образования РАО при добыче нефти, газа и других полезных ископаемых и при использовании радиоактивных источников в ходе выполнения космических программ.

Результаты перечисленных работ позволят оценить степень опасности этих отходов и при необходимости приступить к решению проблемы защиты населения и окружающей среды от их вредного воздействия.

**ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ
ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК И ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИЗОТОПНОЙ
ПРОДУКЦИИ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ
И МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

Научные центры с исследовательскими ядерными реакторами, как правило, имеют собственные очистные сооружения. Образующиеся в ходе очистки ЖРО радиоактивные концентраты, пульпы, шламы и твердые РАО вывозятся для переработки и захоронения на предприятия НПО «Радон».

При снятии исследовательских реакторов с эксплуатации количество радиоактивных отходов резко возрастет, что требует создания нового оборудования для сокращения образующихся РАО и подготовки их к безопасному транспортированию на предприятия НПО «Радон». Отработавшие тепловыделяющие сборки исследовательских реакторов будут вывозиться на ПО «Маяк» для переработки.

Радиоактивные отходы, образующиеся при использовании изотопной продукции в народном хозяйстве и в медицинских учреждениях,

также вывозятся на специализированные комбинаты системы «Радон» для кондиционирования и захоронения.

Контроль за деятельностью специализированных комбинатов «Радон» осуществляется территориальными органами Госатомнадзора, Госсанэпиднадзора, Комитета по экологии и МВД РФ (табл. 4).

**СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ
КОНДИЦИОНИРОВАННЫХ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

Проблема захоронения кондиционированных радиоактивных отходов является наиболее сложной и наименее проработанной в области обращения с РАО. На территории РФ созданы и эксплуатируются могильники только в системе НПО «Радон». Они представляют собой приповерхностные бетонные гидроизолированные сооружения траншейного типа и предназначены для захоронения кондиционированных низкоактивных отходов.

Кондиционированные отходы среднего и высокого уровней активности в настоящее время находятся в контролируемых хранили-

Таблица 4. Специализированные комбинаты системы «Радон» в РФ

Комбинат	Площадь территории, га	Регион обслуживания
Московское НПО «Радон»	35	г. Москва. Области: Московская, Брянская, Владимирская, Тверская, Калужская, Рязанская, Смоленская, Тульская, Ярославская, Костромская
Ленинградский	22,1	г. Санкт-Петербург. Области: Вологодская, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининградская, Республика Карелия
Казанский	4,0	Республики: Марий Эл, Чувашия, Татарстан, Удмуртия
Волгоградский	2,0	Области: Астраханская, Волгоградская, Республика Калмыкия
Нижегородский	1,4	Республики: Коми, Мордовия. Области: Ивановская, Костромская, Кировская, Нижегородская
Грозненский*	5,0	Республики: Дагестан, Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Чечня
Иркутский*	2,7	Республики: Бурятия, Тува, Саха. Области: Иркутская, Читинская
Самарский*	1,0	Области: Самарская, Ульяновская, Оренбургская
Мурманский*	6,0	Области: Архангельская, Мурманская
Новосибирский	20,0	Края: Алтайский, Красноярский. Области: Кемеровская, Омская, Томская, Новосибирская
Ростовский*	6,0	Края: Краснодарский, Ставропольский. Область: Ростовская
Саратовский*	4,0	Области: Орловская, Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Саратовская
Екатеринбургский	2,8	Области: Пермская, Тюменская, Екатеринбургская
Уфимский*	7,0	Республики: Удмуртия, Башкортостан
Челябинский*	4,0	Области: Курганская, Оренбургская, Челябинская
Хабаровский*	5,0	Края: Приморский, Хабаровский. Области: Амурская, Камчатская

* Без обработки, только хранение.

щих на территории предприятий, на которых они образуются (АЭС, радиохимические предприятия и т. п.).

Для захоронения кондиционированных отходов среднего уровня активности планируется создание могильников, расположенных вблизи поверхности. Отходы высокого уровня активности будут захораниваться в глубоких геологических формациях. В настоящее время проводятся работы по выбору на территории России регионов, отвечающих требованиям к местам размещения могильников. Это прежде всего благоприятные гидрогеологические и климатические условия. Однако одновременно надо учитывать и социальные факторы.

В ПО «Маяк» планируется создание опытного могильника в глубоких геологических формациях, представляющего собой скважину глубиной 1000 м. На базе этого могильника будут изучаться процессы, происходящие с кондиционированными высокоактивными отходами при длительном хранении, а также их влияние на свойства вмещающих пород.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С РАО И ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ

Одним из перспективных направлений при решении проблемы высокоактивных отходов является изучение возможности и целесообразности выделения долгоживущих α -излучающих элементов в отдельную фракцию. Реализация этого варианта дала бы возможность сократить объем отходов, захоронение которых требует специальных условий и особых мер предосторожности.

Другим радикальным способом ликвидации долгоживущих радионуклидов является их трансмутация. Однако, чтобы обосновать целесообразность использования этого метода, необходимы исследования и всесторонний анализ экологических и экономических факторов с учетом высокой стоимости специальных ядерно-физических установок.

Первоочередными задачами в области обращения с РАО для предприятий ядерно-оружейного комплекса являются:

оснащение предприятий установками для отверждения всех видов жидких РАО, чтобы исключить длительное хранение высокоактивных ЖРО в емкостях и сброс низко- и среднеактивных отходов в специальные водоемы-хранилища;

позапные консервация и перевод в безопасное состояние открытых водоемов-хранилищ радиоактивных отходов на ПО «Маяк», Сибирском химическом и Горнохимическом комбинатах.

Для предприятий ядерно-энергетического комплекса первоочередными работами следует считать:

оснащение всех АЭС комплексом установок по переработке жидких и твердых РАО;

создание региональных или пристанционных хранилищ для долговременного хранения отработавшего топлива реакторов РБМК и отработанных отходов, а также создание современных транспортных контейнеров для их перевозки;

подготовка к обращению с отходами, которые будут образовываться при выводе из эксплуатации АЭС и исследовательских реакторов.

Проблему обращения с РАО от эксплуатации и снятия с эксплуатации судовых ядерных установок ВМФ и ГФ необходимо решить с помощью следующих мероприятий:

создания современных контейнеров и реконструкции транспортных схем для вывоза отработавшего ядерного топлива;

создания производственных комплексов по переработке всех видов отходов;

проектирования и строительства современных хранилищ для длительного хранения и могильников для захоронения кондиционированных отходов;

создания технических средств и сооружений для обращения с реакторными отсеками выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок и атомных ледоколов.

Важнейшими также являются работы по реконструкции специализированных комбинатов системы «Радон» и модернизации транспортных средств для перевозки отходов на эти предприятия.

Х. СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ МИНАТОМА РОССИИ

И. Е. Дерябин, Р. А. Жуманов

По истории создания и развития ядерной промышленности написано уже немало книг.

Минатом России имеет в своем составе крупную строительную индустрию с развитой промышленностью строительных материалов и конструкций, оснащенную строительными машинами и механизмами, средствами транспорта, ремонтными базами и вспомогательным производством.

Так в 1970 г. в капитальном строительстве и промышленности строительных материалов работало 251 тыс. чел., в том числе 148 тыс. чел. вольнонаемного состава. В 1990 г. только в 10-м и 11-м ГУ Минатома на строительномонтажных работах работало около 162 тыс. чел. В основном эта подотрасль создана после первых лет становления ядерной промышленности. Ею накоплен богатый опыт строительства и реконструкции сложных, нередко уникальных объектов и сооружений, целых городов.

Современные города Обнинск и Новоруральск (Свердловск-44), Навои и Зеленогорск (Красноярск-45), Степногорск и Железногорск (Красноярск-26), Шевченко и Сосновый Бор, Озерск (Челябинск-65) и Северск (Томск-7), Саров (Арзамас-16), Академгородок и Снежинск (Челябинск-70), Лесной (Свердловск-45) и Дубна, Краснокаменск и Саянск, Трехгорный (Златоуст-36) и Снежкус, Заречный (Пенза-19) и Протвино, Белокуриха, новые микрорайоны Ангарска и других городов вызывали и сегодня вызывают восхищение и здоровую зависть своей комплексной застройкой, смелыми объемно-планировочными решениями, высококачественным строительством, синтезом природно-климатических возможностей с архитектурным замыслом, удачной развязкой главных улиц и проспектов с внутриквартальными проездами и пешеходными путями, оригинальностью малых форм, озеленения и благоустройства. Немногие современные жители страны, особенно молодые люди, знают с чего все начиналось, какими



Город Зеленогорск (Красноярск-45).
улица И.Н. Бортникова

были условия работы строителей. Бараки — обычное жилище в первые годы становления новой стройки.

На месте болот и лежневых дорог вырос, например, г. Зеленогорск (Красноярск-45).

Многие вопросы становления стройиндустрии, ее развитие в системе Минсредмаша СССР, особенности и традиции вызывают определенный интерес как у ветеранов, так и у последующих поколений строителей и монтажников.

Справедливы слова бывшего министра В.И. Михайлова и бывшего первого заместителя министра Минсредмаша СССР А. М. Петросьянца о том, что труд первопроходцев-строителей, их вклад в стройиндустрию атомной промышленности не может быть забыт, «... ибо это они своей верностью Родине, своим творческим и упорным трудом обеспечили нашему народу мирную жизнь на протяжении более 50 лет. Память о них должна остаться в сердцах нашего народа на долгие годы».

ПЕРВЫЕ ДЕСЯТЬ ЛЕТ (1945—1955 гг.)

Государственный Комитет Обороны СССР

(ГОКО) своим Постановлением ГОКО-9887 от 20 августа 1945 г. образовал Первое главное управление (ПГУ) при Совете Народных Комиссаров СССР (СНК СССР) для руководства научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями и промышленными предприятиями по использованию внутриядерной энергии урана и производству ядерных бомб. Начальником ПГУ был назначен бывший нарком боеприпасов Б.Л. Ванников, он же являлся заместителем председателя Спецкомитета при ГОКО. Этот комитет обеспечивал все работы по использованию внутриядерной энергии урана.

Первым заместителем начальника ПГУ был А.П. Завенягин — заместитель наркома внутренних дел.

Решением СНК СССР от 30 августа 1945 г. в подчинение ПГУ был передан ряд предприятий и организаций, в том числе Завод № 12 Наркомата боеприпасов в Электростали. Этим же решением на Главпромстрой НКВД (начальник генерал-майор технической службы А.Н. Комаровский) возлагалось все строительство для ПГУ.

В указанном Постановлении ГОКО отмечалось, что «...Никакие организации, учреждения и лица без особого разрешения ГОКО не имеют права вмешиваться в административно-хозяйственную и оперативную деятельность Первого главного управления, его предприятий и учреждений или требовать справки о его работах, выполняемых по заказам Первого главного управления.»

К моменту создания ПГУ при СНК СССР строительство ряда объектов, связанных с ядерной тематикой, уже было начато в системе НКВД (Комбинат № 6 в Средней Азии по добыче и производству урана; реконструкция и строительство цехов по переработке концентратов на базе бывшего Завода № 12 и ряда научно-исследовательских и проектных институтов).

Главпромстрой НКВД в 1945 г. был одной из крупнейших строительных организаций в нашей стране. Он строил силами заключенных многие объекты и предприятия черной и цветной металлургии, оборонной промышленности, гидротехнические сооружения, объекты нефтехимии и целлюлозно-бумажной промышленности, горнорудные предприятия в самых различных районах страны. НКВД распо-

ряжался громадным числом заключенных, быстро перебрасывая их куда считал необходимым. Имея развитую базу подсобно-вспомогательных предприятий стройматериалов, НКВД обеспечивал стройки многими материалами и изделиями своего производства.

В 1955 г. на стройках ПГУ (будущего Минсредмаша) с учетом промстройматериалов работало 318 тыс. чел. в том числе: вольнонаемный состав — 44 тыс., заключенные — 118,5 тыс. военно-строительные отряды (ВСО) — 155,5 тыс.

Главпромстрой НКВД (МВД) располагал большим количеством высококвалифицированных руководителей и инженерно-технических кадров строителей, как правило военных (офицерский состав), отличающихся большой работоспособностью и неприхотливостью в быту. В первые наиболее трудные годы это во многом и обусловило успех в строительстве и становлении объектов ядерной промышленности.

В те далекие годы такое решение высших органов власти видимо было единственно возможным в сложившейся обстановке.

Руководство Главпромстроя НКВД (МВД) в 1945—1955 гг. осуществляли: начальники А. Н. Комаровский (1944 г. — 21.11.1951 г.), А. Ф. Гвоздецкий (25.11.51 г. — 09.12.52 г.), А. Н. Комаровский (09.12.52 г. — 24.08.55 г.), первый заместитель начальника Н.Н. Волгин (июль 1949 г. — 23.08.53 г.), главные инженеры Б.С. Кульницкий (05.01.41 г. — 23.08.49 г.), В.В. Киреев (сентябрь 1949 г. — 11.05.55 г.).

Заместителями начальника Главпромстроя НКВД в разные годы были П.К. Георгиевский, П.П. Чесных, С.А. Киселев, М.М. Голиков, М.М. Царевский, П.Е. Быков, С.А. Азрельян.

По мере расширения задач по развитию ядерной промышленности и возрастанию объемов строительного-монтажных работ Главпромстрой МВД постепенно освобождался от строительства для других отраслей промышленности, все более вращая в ядерную отрасль.

Одними из первых были созданы строительные организации в Электростали, Челябинске-40 (Озерске), Свердловске-44 (Новоуральске), Арзамасе-16 (Сарове), Свердловске-45 (Лесном), Дубне, Обнинске, Москве и ряде других мест.

После проведения необходимых исследований на реакторе Ф-1 в лаборатории № 2 (теперь Российский научный центр «Курчатов-



М.М. Царевский,
генерал-майор
инженерной службы,
начальник строительства
ядерных объектов в
Челябинске-40

ский институт») определились размеры и физические параметры будущего промышленного уран-графитового реактора, строительство которого было начато в Челябинске в 1945 г.

Для ускорения строительства здания реактора и других объектов в Челябинске-40 в июле 1947 г. начальником стройки был назначен генерал-майор инженерной службы М.М. Царевский, директором комбината стал Е.П. Славский.

М.М. Царевский сыграл видную роль в истории советского строительства. Он руководил крупными стройками первых пятилеток. Первым его сооружением был Балахнинский бумажный комбинат на Волге. Во время войны Царевский руководил строительством Нижне-Тагильского металлургического завода. В Челябинск-40 он приехал из Эстонии.

В ноябре 1947 г. на строительство вторично за год приезжал председатель Спецкомитета ГОКО Л.П. Берия и по его решению главным инженером комбината был поставлен Е.П. Славский (в этой должности он работал до конца 1949 г.). Директором комбината стал Б.Г. Музруков (29.11.47 г. — 16.11.53 г.), бывший до этого назначения директором Уралмаша. Главным инженером строительства все это время был В.А. Сапрыкин.

49 июня 1948 г. — дата пуска промышленного реактора, она является началом производственной работы Комбината № 817.

Для выделения плутония был построен радиохимический завод (Здание № 101), который условно называли Зааводом Б («Букашка»). Строить этот завод начали в декабре 1946 г., ввели в действие в конце 1948 г. В I квартале 1949 г. подготовили к пуску Заавод В — химико-металлургический передел: получение сначала черного, а затем очищенного металлического плутония и деталей из него для производства ядерной бомбы.

Первая готовая продукция на конечном переделе Заавода Б была получена только в феврале 1949 г. В феврале же начал производственную деятельность Заавод В — первый завод по производству ядерных зарядов.

Какие были методы производства труда, средства механизации и транспорта? В основном — ручной труд, взрывные работы для разработки котлованов и траншей, монолитные железобетонные и бетонные работы с применением транспортеров, тачек и носилок, сплошь деревянная опалубка, лошади — главное транспортное средство, круглосуточная работа по продленной смене. Четко были поставлены вопросы обеспечения качества строительства на всех этапах и переделах. Не было еще нужных производственных баз стройиндустрии, были отдельные цеха вспомогательного производства, устаревшие дерево-обделочные комбинаты (ДОК), бетонозаводы, мастерские.

Какие мотивы руководили людьми от ученого до рабочего любой категории, которые отдавали себя целиком делу? Ведь не только же в силу высоких требований и жестких порядков, хотя и это имело место, трудились люди. Седые ветераны так говорят: «Люди не успели опомниться от тяжелейшей войны, а тут, на тебе — Хиросима и Нагасаки, да угроза США.»

Патриотизм у народа был высок, радовало окончание войны, открылась надежда на лучшую жизнь. Люди понимали, что стране нужен строящийся объект — военный объект и не надо было особо угваривать их работать на совесть.

Одновременно с Комбинатом № 817 (Челябинск-40) в Свердловске-44 строился первый Заавод Д-1 — будущий Комбинат № 813 для получения газодиффузионным методом высокообогащенного урана-235 (первый директор А.И. Чурин). Развернули стройку в декабре 1945 г., а 1 июня 1946 г. на стройке работало 6970 чел.

Через год численность строителей возросла до 16 тыс. чел., а в последующие годы — до 30 тыс. чел. Первый экскаватор здесь появился только в 1948 г.

Завод выдал первую продукцию в ноябре 1949 г., но так как испытания необычного оборудования проходили ускоренно, без отработки регламента, машины ОК-7, ОК-8 и ОК-9 стали выходить из строя. Все пришлось пере-

дельвать. В ПГУ за строительство Завода Д-1 отвечал А.М. Петросьянц (начальник 8-го Управления ПГУ). Можно лишь представить, что ему пришлось пережить! На диффузионный завод приехал Л.П. Берия, послушал о «тупике», в который попали, и сказал: «...что вы просили... страна дала в избытке... Три месяца на решения всех проблем по пуску завода. Но предупреждаю: не выполните — готовьте сухари!» И уехал. Все переделали, придумали новые машины и в 1950 г. запустили. Первая урановая бомба на высокообогащенном уране была изготовлена и испытана на Семипалатинском полигоне, а первая бомба, которую взорвали (29 августа 1949 г.) на два года раньше, была плутониевая.

С этого момента началось быстрое развитие ядерной промышленности, открылись стройки в Томске-7, Красноярске-26, Ангарске, а после 1955 г. — в Красноярске-45, Степногорске, Шевченко, Кирово-Чепецке.

В 1945—1955 гг. особую роль среди строителей-первопроходцев, тех кто организовывал строительные площадки и вел строительство объектов, играли начальники строительства: М.М. Царевский, И.П. Бойков, Н.Н. Волгин, А.С. Пономарев, П.П. Честных, М.А. Зарицкий, Д.С. Захаров, П.Т. Штефан, Н.М. Иванов, М.А. Сухов; главные инженеры строительства: В.И. Сапрыкин, Б.М. Сердюков, В.А. Нарбеков, А.Г. Андреев, А.К. Грешнов.

В Главпромстрое МВД монтажные организации были развиты слабо. Главная монтажная контора, созданная 19.08.44 г., имела в своем составе только три монтажных конторы. В отдельные годы ее начальником был А.С. Поно-



П.Т. Штефан,
Герой Социалистического
Труда, генерал-майор,
начальник строительства в
Новосибирске, Сверд-
ловске-45, Челябинске-40
и других местах
(1911—1995)



А.К. Грешнов,
Герой Социалистического
Труда, генерал-майор,
работал начальником
строительства и главным
инженером в Челябин-
ске-40, Томске-7, на
площадке «ГН», в ГУКС
Минсредмаша СССР
(1909—1991)

марев. С увеличением монтажных работ возникла необходимость в создании мобильных специализированных монтажных организаций.

Общее руководство и контроль строительства осуществляли начальник Главпромстроя МВД А.Н. Комаровский и Первый заместитель начальника ПГУ, одновременно заместитель наркома МВД А.П. Завенягин (ранее он руководил строительством и эксплуатацией Норильского металлургического комбината, позднее был начальником ПГУ и министром Минсредмаша СССР в 1955—1956 гг.)

Эти люди имели большой личный опыт в строительном деле, умело направляли и организовывали строительно-монтажные работы.

Так генерал-майор инженерной службы А.Н. Комаровский прошел опыт строительства канала Москва — Волга, с первых дней Великой Отечественной войны руководил строительством оборонительных сооружений Южного и Юго-Западного фронтов, командовал Пятой саперной Армией под Сталинградом, с марта 1942 г. по май 1944 г. был начальником строительства «Челябметаллургстроя».

Первый заместитель начальника ПГУ Н.Н. Волгин руководил расширением и реконструкцией Завода № 12 в Электростали. До этого прошел всю Великую Отечественную



А.С. Пономарев,
инженер-полковник,
начальник ряда
строительств,
начальник Главной
монтажной конторы
Главпромстроя МВД,
начальник Главмонтажа
Минсредмаша СССР
(1905—1974)

войну с первого и до последнего дня в инженерных войсках. Н.Н. Волгин в мае 1937 г. закончил Военно-инженерную Академию и получил диплом с отличием за подписью легендарного генерала Д.М. Карбышева.

РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ В МИНСРЕДМАШЕ СССР (ПОСЛЕ 1955 г.)

После ввода в эксплуатацию первых объектов ядерной промышленности и успешного испытания ядерной бомбы на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 г. требовалось усиление всего комплекса работ по урановой проблеме, разворачивалось строительство новых промышленных, научно-исследовательских объектов и расширение действующих производств, остро встали вопросы жилищно-гражданского строительства на предприятиях новой отрасли. 26 июня 1953 г. на базе ПГУ было образовано Министерство среднего машиностроения (Минсредмаш СССР), а 14 марта 1955 г. в его состав был передан Главпромстрой МВД с числом работающих около 330 тыс. чел. Министерству поручалось развить в своей системе строительную индустрию до оптимально необходимых размеров с учетом перспективы развития ядерной промышленности.

Заместителем министра по строительству был назначен А.Н. Комаровский. На базе структур бывшего Главпромстроя МВД были созданы:

Главное управление капитального строительства (ГУКС, позднее 9-е ГУ);

Первое Главное строительное управление (1-е ГСУ, позднее 10-е ГУ);

Второе Главное строительное управление (2-е ГСУ, позднее 11-е ГУ);

Третье Главное строительное управление (3-е ГСУ, позднее расформированное);

Главное монтажное управление (Главмонтаж, позднее 12-е ГУ);

Управление производственных предприятий (УПП, позднее 13-е ГУ).

Главки возглавили: ГУКС — А.В.Коротков, 1-е ГСУ — Н.Н. Волгин, 2-е ГСУ — Ф.А.Гвоздевский, 3-е ГСУ — И.А. Горбатов, Главмонтаж — П.К. Георгиевский, УПП — В.И. Папировский.

Заместителями министра по строительству после перехода А.Н.Комаровского в Министерство обороны (30.11.63 г.) были П.К. Геор-



А.В. Коротков,
начальник УКС ПГУ
в 1953—1955 гг.,
начальник ГУКС
Минсредмаша СССР в
1955—1986 гг.



Н.Н. Волгин,
генерал-майор инженерной
службы, первый
заместитель начальника
Главпромстроя МВД в
1949—1953 гг., начальник
1-го ГСУ, затем 10-го ГУ
с 26.04.55 г. по 05.05.75 г.



Р.С. Зурабов,
генерал-майор
инженерной службы,
начальник Ангарского
управления строительства
в 1955—1961 гг.,
начальник 11-го ГУ в
1961—1973 гг.
(1904—1991)

гиевский, А.Н. Усанов. Сейчас в этой должности работает А.Г. Макаров.

Кроме названных ветеранов строительной подотрасли на высоких должностях руководителей строительства или главными инженерами после 1955 г. работали Р.С. Зурабов, В.А. Белявский, В.К. Чистяков, Ш.Г. Булия, А.П. Трегубов, Г.Е. Минаев, К.Н. Полосков, П.И. Кавтаров, С.Н. Алешин, В.Г. Дмитриев, А.Н. Нестеров, В.Е. Булат, И.Е. Дерябин, А.М. Векман, А.В. Пичугин, В.Н. Латий и др.

Когда на Приднепровском, Кирово-Чепецком и других заводах намечалось резкое снижение объемов строительства, в 1956 г. и в по-

Таблица. Изменение контингента строителей на объектах Минсредмаша СССР, %, в 1955—1970 гг.

Контингент работающих	1955	1957	1960	1965	1970
Всего работающих	100 (318)	100	100	100	100 (251,8)
В том числе:					
временнонаемные	13,8 (44)	27,5	35,0	49,5	58,5 (147,9)
заключенные	37,2 (118,5)	22,7	13,7	10,1	10,9 (27,5)
военные строители	49 (155,5)	49,8	51,3	40,4	30,6 (76,4)

Примечание. В скобках указано число работающих, тыс. чел.

следующие годы там был осуществлен переход на хозяйственный способ строительства.

Параллельно со строительством объектов основной деятельности ГУ и ГУКС активно занимались развитием производственной базы, вопросами расширения предприятий сборного железобетона, широкого использования местных материалов, внедрения новой техники и средств механизации. Монтажники занимались расширением производственных мощностей для изготовления заготовок в заводских условиях.

В эти годы (1955—1965 гг.) численность работающих в аппарате отдельного ГУ составляла 90—105 чел., его деятельность охватывала все направления подведомственных организаций и адекватно отвечала структурным ГУ Минсредмаша СССР.

Весомый вклад в успешную работу главков внесли И.Н. Зверев, А.В. Черепанцев, Л. Мушко, Е.В. Ефремочкин, К.Е. Рынков, В.Г. Москвин, А.А. Алексеев, В.Д. Алексеев, А.Д. Константинов, И.Н. Иванов, П.Л. Пирогов, С.В. Роговенко, И.Б. Метлицкий, Л.Н. Морозова, В.П. Домарева, А.М. Медведев, Н.Г. Засорин.

Деятельность Минсредмаша в области капитального строительства после создания строительных и монтажных организаций характери-

зуется кратко следующим образом. Если условно 1955 г. взять за 100%, то объемы работ по генподряду через пять лет, возросли в 2,5 раза, общая численность работающих при этом снизилась на 32%, а на строительномонтажных работах (СМР) и в подсобно-вспомогательном производстве на 26%. Производительность труда стала расти за счет внедрения новых методов работ, широкого применения сборных железобетонных конструкций и панельного домостроения, средств механизации и автомобильного транспорта, резкого сокращения контингента заключенных, а после 1960 г. и военных строителей, перехода на временнонаемный состав работающих, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице.

В результате принимаемых мер по увеличению численности временнонаемного состава в капитальном строительстве число заключенных резко сократилось, одновременно умень-



Н.М. Иванов, генерал-майор инженерной службы, начальник ряда строев, в том числе с марта 1960 г. по август 1974 г. начальник управления строительства «Сибкадемстрой» (1911—1974)



С.Н. Алешин, инженер-полковник, главный инженер, затем начальник строительства Ангарского управления строительства в 1961—1975 гг. (1913—1975)



М.И. Журавлев, генерал-лейтенант, ветеран строительства объектов ядерной промышленности в Москве и Московской обл., начальник I-го Строительно-монтажного треста в Москве



Закладка телевизионной станции «Орбита»,
г. Краснокаменск.

Третий слева — С.И. Погарский,
начальник ряда строителей,
главный инженер 10-го ГУ с 05.05.55 г. по 1975 г.

шалась численность военных строителей, что благоприятно сказалось на повышении производительности труда на СМР. К 1970 г. производительность труда на СМР (в сопоставимых ценах и условиях) возросла к уровню 1955 г. в 3,3 раза.

Кроме того, резко возросло жилищное и гражданское строительство для отрасли. Жилой площади в эксплуатацию было введено: в 1950 г. 150 тыс. кв. м, в 1955 г. 421,4 тыс. кв. м, в 1960 г. 635,6 тыс. кв. м, в 1965 г. 803,2 тыс. кв. м.

В 1955—1965 гг. вводились производственные мощности в Томске-7; Завод Д отдельными корпусами: №№ 1—7 в 1953—1958 гг., № 8 в 1959 г., № 9 в 1961 г.; радиохимический завод: первая очередь была сдана в 1961 г., вторая — в 1962 г. К 1966 г. практически все проектные мощности были введены.

В Красноярске-26 также за короткий срок был построен сложнейший подземный объект, с крупным комплексом кондиционированного воздушного снабжения, локальным водоснабжением, технологическими сбросами, системой захоронения.

В 1964 г. введен гидрометаллургический завод (ГМЗ) в г. Навои. В 1969 г. введен Катта-Курганский кирпичный завод на 50 млн. шт. кирпича в год и многие-многие другие объекты. 21 августа 1964 г. была принята в эксплуатацию I очередь комплекса Сибирского отделения АН СССР.

Основной объем проектных и проектно-изыскательских работ для строительства объектов основной деятельности и создаваемой стройиндустрии выполнялся силами проектных организаций Минсредмаша, которые так-

же быстро развивались. Следует отметить прежде всего ГСПИ-11 — сегодня ВО ВНИПИЭТ с четырьмя филиалами на Урале и в Сибири.

С большим вниманием и озабоченностью работали В.В. Смирнов, А.Н. Матвеев, В.М. Седов, а теперь работает В.А. Курносков — ветеран и первопроходец, ученый и проектировщик.

ГСПИ-12 и «Промниипроект» имеют такие же традиции.

Для развития предприятий строительной индустрии и промышленности строительных материалов Минсредмаша СССР в 1955 г. на базе проектного бюро Главпромстроя МВД СССР был создан институт «Оргстройниипроект», позднее были организованы его филиалы в Ангарске и Лермонтове. В задачи и направления работы этого института входили:

поиск и разведка нерудных ископаемых; инженерно-геологические исследования строительных площадок и изыскания источников водоснабжения;

топогеодезические работы и инженерные изыскания;

проектирование постоянных предприятий для обеспечения строек необходимыми материалами, изделиями и полуфабрикатами;

улучшение организации и производства работ на строительстве объектов с максимальным внедрением индустриальных методов.

Институт имел в Электростали Центральную научно-исследовательскую строительную лабораторию, которая отрабатывала технологию ведения специальных строительных видов работ, осуществляла единую научно-техническую политику по работе строительных лабораторий, входивших в состав генподрядных строительных организаций.

В разное время институт возглавляли директора: В.А. Червяков, А.М. Кораблинов, сейчас Н.Н. Егоров; главными инженерами были К.С. Некрасов, К.Н. Федоров, сейчас В.Н. Леонтьев; главными инженерами проектов были В.А. Панкратов, В.П. Барабаш, В.Е. Рекк, К.С. Некрасов и др.

На базе проектного отдела Ангарского управления строительства в 1955 г. был организован филиал «Оргстройниипроекта» (долгое время его возглавляли А.М. Амелин, Ю.Ф. Кретинин), а в 1956 г. его филиал в Лермонтове на базе проектного филиала «Промниипроекта».

Все, что построено и работает в Управлениях промышленных предприятий (заводы круп-



И.Е. Дерябин, начальник 10-го ГУ с 05.05.74 г., с 1990 г. генеральный директор СПАО «Прогресс», ранее главный инженер Южноуральского управления строительства, начальник Среднеуральского управления строительства

нопанельного домостроения, сборного железобетона, товарного бетона, ДОК, ремонтно-механические цеха, автобазы, гидромеханизированные заводы по переработке песчано-гравийной смеси и т. д.) в основном проектировал институт «Оргтехстрой» и его филиалы. Они же изыскивали инертные материалы, разрабатывали генеральные схемы развития строительных организаций. Значительную помощь этот институт оказывал строителям при разработке сложных проектов производств работ, сложных приспособлений или производстве специальных видов работ.

Вот как у него нарастала численность: в 1955 г. 537 чел., в 1969 г. 935 чел, в 1965 г. 1221 чел., в 1970 г. 2162 чел., в 1972 г. 2505 чел.

Первым начальником ГУКС (9-го ГУ) был А.В. Коротков Сейчас это — Департамент проектирования, инвестиций и строительства и возглавляет его А.И. Барановский.

Главным инженером с начала образования ГУКС в Минсредмаше СССР был В.В. Киреев, затем Ю.П. Аверьянов.

Заместителями начальника и главного инженера в разное время были А.А. Чураков, М.Я. Курышкин, А.И. Барановский, Б.А. Васнецов, Б.А. Аменицкий, А.М. Медведев, А.К. Грешнов.

В 1955—1965 гг. все ранее созданные строительные организации системы МВД функционировали и усиленно вели строительство объектов ядерной промышленности, реконструкцию своих производственных баз, расширяли объемы гражданского строительства, активно переходили на вольнонаемный состав рабочих, особенно механизаторов, шоферов, отделочников, вольнонаемных рабочих на УПП и ДОК.

На карте дислокации строек Минсредмаша возникли строительные организации в городах Навои, Шевченко, Красноярске-45, Степно-



Площадка Томского нефтехимического комбината, май 1978 г. Справа налево: министр Минсредмаша СССР Е.П. Славский, заместитель министра П.К. Георгиевский, начальник строительства П.Г. Пронягин, главный инженер ГУКС В.В. Киреев, начальник 10-го Главного управления И.Е. Дерябин

горске, Кирово-Чепецке. В систему Министерства было передано строительство Сибирского отделения Академии наук СССР, строительство в Ангарске.

К возведению Сибкадемгородка были привлечены пять строительных 10-го ГУ с комплексной ответственностью за строительство порученных объектов до их сдачи в эксплуатацию.

Ангарск показал пример применения газобетона, газозолобетона, золы-уноса ТЭЦ для стеновых панелей жилых домов и промышленных зданий. А.Н. Комаровский провел там специальную конференцию. Зола — «капризный» строительный материал и требует к себе особого почтения: угли разные, степень сгорания их разная, свободной извести много. Нужны домол, длительная выдержка в золоотвалах, активаторы, кропотливая научная работа по всему кругу вопросов, а опыта было мало.

В эти годы выдвинулись новые крупные руководители строек и главные инженеры, большинство из которых прошло школу первого этапа становления стройиндустрии Минсредмаша. Это — начальники Управлений строительства Р.А. Григорян, Д.С. Захаров, В.Г. Мухин, Г.Е. Минаев, П.И. Кавтаров, Р.С. Зубаров, В.Н. Латий, К.Н. Полосков, В.А. Белявский, А.П. Горшков; главные инженеры строек В.К. Чистяков, А.И. Рясин, А.М. Вексман, Ш.Г. Булия, Л.И. Гороховский, С.Н. Алешин, Н.П. Иконников, В.Е. Булат, Э.И. Качинский.



К.Н. Москвин,
начальник 11-го ГУ
с 1979 г., с 1991 г. —
генеральный директор АО
«Атомстрой», ранее
начальник Обнинского
управления строительства



Ш.Г. Булия,
ветеран строительства
объектов ядерной
промышленности
(1916—1995)

В это время усиленно создавались или реконструировались промышленные предприятия базы стройиндустрии по выпуску сборного железобетона, крупнопанельных домов, качественных фракционированных мытых нерудных материалов, по производству напряженно-армированного железобетона. Так в 1965 г. только в 10-м ГУ было изготовлено 257 тыс. куб. м сборных напряженно-армированных железобетонных конструкций, что составляло 27,8% всего выпуска. Обеспечить строительство высокопроизводительными машинами, механизированным инструментом в достаточном объеме не удавалось, промышленность не справлялась с выпуском новых строительных машин и механизмов. Наши потребности покрывались всего лишь на 50-75%. Повсеместно обновлялся парк автомашин. На ряде строек были приняты меры по постепенному повышению заводской готовности продукции УПП, в том числе выпуск стеновых панелей с цветовой фактурой.

В промышленном строительстве развернулась работа по внедрению панельных стен вместо кирпичных. На предприятиях 13-го ГУ стали выпускаться линолеум, пластмассовые изделия, улучшенные столярные изделия, виброкирпичные стеновые панели, силикатная облицовочная плитка.

В 1964 г. строители подключились к строительству стратегических ракетных стартов.

Это — чисто военные объекты в отдаленных районах от мест дислокации наших строительных и монтажных организаций, порой за 1000 км. Чтобы их построить, надо было резко сократить объемы строительства на объектах отрасли на Урале и в Сибири. Отсутствие опыта по строительству таких объектов, сжатые сроки, большие объемы работ, необычные конструкции, тяжелые условия доставки конструкций и материалов к месту строительства, полевые условия размещения людей требовали принятия неординарных мер. Ветераны отрасли — первопроходцы-строители, начальники управлений строительств к тому времени генерал-майоры П.Т. Штефан, А.К. Грешнов, Н.М. Иванов, В.А. Мусинов и полковники С.Н. Алешин и В.Н. Латий — кому было поручено строить эти старты, подняли свои коллективы, как говорится, «на дыбы».

Все временные военные городки для солдат (бараки, палатки), жилые помещения для вольнонаемного состава, производственные базы, линии электропередач на 6 и 10 кВ и другие объекты (кроме стартов) строились чаще «с листа», по записи в журнале производства работ, устной команде, размерялись порой шагами. Ни снег, ни буран, ни дождь, ни ночь в оправдание при исполнении задания не принимались. Работали в две-три смены.

Пришлось почти сразу создавать трест-площадки с рядом строительного-монтажных управлений (СМУ). Аппарат управления строек и отдельные их подразделения, как правило, постоянно находились в длительных командировках, а в ряде случаев перемещались на стартовые площадки. Сложнейшими задачами были изготовление усиленно-армированных, облицованных металлом железобетонных тьюбингов, арочных и плоских стеновых панелей и другого сборного железобетона, его укомплектование и доставка по железным дорогам, а потом по бездорожью к объектам.

Все работали с большим напряжением сил. В Министерстве были созданы специальные группы-штабы. Е.П. Славский, П.К. Георгиевский, П.Я. Антропов, А.М. Петросьянц, Н.Н. Волгин, Ш.Г. Булия, А.С. Пономарев, В.Г. Шуршалин часто бывали на этих объектах и принимали соответствующие меры для ускорения решения сложнейших вопросов.

Внешние условия производства работ: зимой — лютый мороз, частые заносы дорог (ма-



А.И. Барановский, начальник ГУ проектирования и капитального строительства с 1986 по 1996 гг., начальник Департамента проектирования, инвестиций и строительства с 1996 г. по настоящее время



Б.Г. Лазуков, заместитель начальника ГУ проектирования и капитального строительства с 1986 по 1996 гг., заместитель начальника Департамента проектирования, инвестиций и строительства с 1996 г. по настоящее время

териалы и конструкции, а также хлеб приходилось завозить часто боевыми машинами); летом — жара и пыльные бури с необдуманно распаханых целинных земель (весь слой земли здесь 20—30 см, а ниже горная порода — алевролит и полное безводие), несущие черную пыль по всему горизонту, солнце в черном тумане; свежая рубашка — на полдня, в газике дышать нечем; шофер и все, кто с ним находится, похожи на негров.

В Красноярском крае стартовые комплексы строились только силами Минсредмаша, у которого были свои монтажники, электрики, КИПиА. Монтаж вел трест «Сибхиммонтаж» (Ю.Б. Пази, Н.В. Евдокимов), электромонтаж, автоматику и связь с наладкой — трест «Химэлектромонтаж» (А.М. Липовецкий, В.А. Шилленко). Проходку шахт осуществляло Горное управление метростроя, которое имело богатый многолетний опыт в Красноярске-26 и давно было нашим субподрядчиком. Эта сложившаяся простая общая структура позволяла довольно свободно осуществлять функции головной организации на стартовых площадках.

Общий итог работы: в конце 1966 г. задание было выполнено, старты введены в эксплуатацию, строительные и монтажные организации Минсредмаша вернулись на свои основные базы. Родина получила укрепление ядерного щита.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ИХ ВКЛАД В НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО СТРАНЫ

Завершение первоочередных работ на ракетных стартовых площадках («ГН») в 1966 г. позволило развернуть строительство Ленинградской атомной электростанции, а в 1968 г. Приаргунского горнообогатительного комбината в г. Краснокаменске Читинской области, Зиминского химического комбината в Иркутской области.

С января 1966 г. Управление строительства Прикаспийского горно-металлургического комбината стало генподрядной организацией.

В 1969 г. это строительство (начальник И.Р. Решетило) по генподряду выполнило объем СМР в размере 86,48 млн. руб. Почти весь объем СМР делался для Минсредмаша как основного заказчика (83,0 млн. руб.). Численность строителей и монтажников с подсобным производством составила 10 936 чел. В 1968—1969 гг. были введены в действие гидрометаллургический завод, сернокислотный и азотно-туковый заводы, ЛЭП-110 Жетыбай — Узень протяженностью 117,4 км. В те годы здесь работали Н.А. Бабенко, И.Р. Решетило, П.А. Керцман, М.А. Чулков и др.

Условия строительства на полуострове Мангышлак, в этом пустынном безводном районе, были одними из самых тяжелых, что выпали на долю строителей министерства. Многие помнят проводимую под руководством заместителя министра П.К. Георгиевского в г. Шевченко VII Отраслевую техническую конференцию по вопросу ускорения технического прогресса в области строительного производства.

Город Шевченко отличается оригинальной архитектурой с национальными элементами Казахстана, широким применением плотного, мелкопористого, цветов от светложелтого до розоватого ракушечника, без всякой штукатурки. Город утопает в зе-



М.И. Платонов, главный инженер 10-го ГУ в 1975—1985 гг. (1927—1985)



Город Шевченко, 2-й микрорайон

лени, хотя за городом полынная жара и бесконечная полупустыня, где весной зацветает полынь и редкая акация. Без атомной электростанции, без опреснительных установок здесь были только глина да солнце. Человек смог сделать многое, даже такой неповторимый искусственный оазис на заброшенной Богом земле.

Строительство Навоийского горно-металлургического комбината, химкомбината и других крупных объектов в этом городе начато в 1956 г.

Производственные мощности стали вводить в действие с 1964 г. (гидрометаллургический завод, ремонтно-механический завод (РМЗ), производство слабой азотной кислоты).

В 1969 г. ввели Катта-Курганский кирпичный завод мощностью 50 млн. штук в год, производство аммиака в Навои, третью очередь Навоийской ГРЭС. К этому году в г. Навои силами строителей Минсредмаша было построено 418,8 тыс. кв. м жилой площади, 10 школ, 21 детское учреждение, поликлиника. В 1968 г. строители и проектировщики г. Навои были удостоены дипломов II и I степени ВДНХ СССР.

Район очень неблагоприятный для строительства города: рядом пустыня Кызыл-Кум, грунты высокой степени просадочности (лессы), отсутствие воды. Но, как говорят: «Глаза

боятся, а руки делают!» Много о г. Навои, этом красавце Узбекистана, написано. Вспомним, кто были первостроителями: начальники строительства А.П. Горшков, Н.И. Белашов, С.Я. Головкин, П.И. Кавтаров, В.Е. Булат, главные инженеры Б.Б.Бельский, Н.Ф. Быстриков, В.Е. Булат, В.Я. Кузько.

В начале 70-х годов остро была поставлена задача внедрения новой техники в области строительства, нужно было осваивать новые конструкции и новые технологические процессы.

Надвигающиеся объемы строительства объектов большой химии требовали освоения совершенно новых крупноразмерных железобетонных и металлических элементов (колонн, балок, ферм, плит покрытий, настилов), новых способов формования, внедрения полуавтоматической и автоматической сварки, антикоррозийной защиты арматуры, огнезащиты металлических конструкций, химзащиты полов и стеновых поверхностей.

Выделяемых в плановом порядке механизмов и автомашин новых марок было явно недостаточно. Потребность в них покрывалась лишь на 50—75%.

Производительность труда в целом росла медленно, а в г. Челябинск-40 и других городах упала и остановилась в росте. Доля ручного труда в строительстве была на уровне 61%.



В.И. Тузов,
главный инженер 10-го ГУ
в 1985—1990 гг., первый
заместитель генерального
директора СПАО
«Прогресс» с 1990 г. по
настоящее время

Численность вольнонаемных рабочих нужно было резко поднимать и, хотя, например в 1967 г., в Томске-7 вольнонаемных рабочих было больше, чем солдат и заключенных, эта работа требовала активизации, а следовательно, расширения жилищного и соцкультбытового строительства для нужд строителей и монтажников.

Требовалось внедрение автоматизации контроля за пропаркой железобетонных изделий и сушкой пиломатериалов (велики были расходы тепла-пара на эти технологические процессы).

Строительство многоэтажных крупнопанельных и кирпичных домов сдерживалось из-за недостатка башенных кранов, а также проводимой реконструкции на заводах.

В этот период Н.Н. Волгин (начальник 10-го ГУ в 1955—1974 гг.), а затем (с мая 1974 г.) И.Е. Дерябин сосредоточили внимание на строительстве Ленинградской АЭС (ее I и II очередях), работах по строительству Игналинской АЭС, Томского нефтехимического завода, Приаргунского управления строительства, расширению работ на Зиминской площадке, продолжении работ на объектах ядерной и оборонной промышленности.

Р.С. Зурабов — начальник 11-го ГУ (1961—1973 гг.), после него А.Н. Усанов (1973—1979 гг.), а с 1979 г. К.Н. Москвин в напряжении держали строительства на Мангышлаке, в Степногорске, Навои и Ульяновске, строительство АЭС в Сосновом Бору и Снечкусе.

Разворачивались новые управления строительства с большими объемами работ. Однако нехватало технологического оборудования для

строющихся производственных баз, новой современной техники (башенных кранов повышенной грузоподъемности, компрессоров, электросварного оборудования для сварки крупноразмерных арматурных сеток и каркасов, деревообрабатывающих станков, электроинструмента и др.). Испытывался недостаток рабочих из-за ограниченных возможности их расселения.

В 1974 г. началось строительство Томского нефтехимического комбината, продолжалось строительство новых мощностей на комбинате «Ангарскнефтеоргсинтез» (АНОС), на Зиминском химическом заводе. Особенностью этих строек является то, что за импортное оборудование и технологию производства надо было платить поставками химической продукции в установленные контрактом сроки. Ход работ постоянно контролировался директивными органами.

Сроки строительства, технология требовали большого количества труб, которые министерству не выделялись.

Неприятности начались сразу. Минвнешторг по контракту с японской фирмой «Тойо Инжениринг» закупил на 60,9 млн. руб. с поставкой в 1978—1979 гг. оборудование по производству аммиака (450 тыс. т) на комбинате АНОС в Ангарске. Оборудование было поставлено в октябре 1979 г., гарантия фирмы истекла в августе 1982 г., а у нас не было труб. Заместитель начальника 10-го ГУ Ш.Г. Булия метался по стройке, считал метры труб большого диаметра, «затыкал дыры».

Октябрь 1979 г. В переоборудованный речной порт в пос. Самуськи по морским и речным путям из Англии прибыл понтон с реакторами и ректификационными колоннами для производства метанола (мощностью 750 тыс. т в год), а стройка лишь разворачивалась.

Первая очередь гиганта нефтехимии на р. Томи (1975—1985 гг.) включала в себя четыре пусковых комплекса. Среди них — азотно-кислородная станция, установка получения водорода, водоочистка и сбросы, парк сырья и реагентов. Процесс производства непрерывен, запрограммирован и автоматизирован. Другой комплекс — крупнотоннажная установка мощностью 750 тыс. т метанолов год, на 50% превосходил в то время самый крупный действующий в мире. Третий комплекс — производство формалина (360 тыс. т в год), полиформальдегида (20 тыс.



П.Г. Пронягин,
начальник «Химстроя»
в 1967—1990 гг.

т в год) и карбамидных смол (200 тыс. т в год). Все это — сырье для производства пластмасс, каучука, красителей, лекарств, косметики и т. п.

И наконец, четвертый комплекс — производство этилена и пропилена (300 тыс. т в год). Сырье — прямогонный бензин сибирских месторождений. Этилен и пропилен — сырье для производства полиэтилена и полипропилена.

База стройиндустрии:

база УС «Химстрой» — строилась и расширялась из расчета закрыть не только объемы Минсредмаша СССР, но и обеспечить потребности Томской области и всех северных районов;

автоматизированный завод по приготовлению товарного бетона и раствора мощностью 335 тыс. куб. м в год;

завод железобетонных изделий и промышленных панелей мощностью 200 тыс. куб. м в год.

Вот Томский нефтехимический комбинат в цифрах (освоение капитальных вложений по промстроительству в млн. руб.): 1974 г. — 3,57; 1975 г. — 12,7; 1976 г. — 29,4; 1977 г. — 34,8; 1978 г. — 67,48; 1980 г. — 133,06.

На карту «большой химии» ставилось все,



Томский нефтекомбинат, завод полипропилена



Зиминский химический завод

что было у страны, что было у Минсредмаша СССР (в Томске вахтовым методом работали многие управления строительства отрасли).

Зиминский химический завод строился тяжелее, чем Томский нефтехимический комбинат. В Томске был рядом Томск-7.

Для обеспечения объемов работ и сроков ввода мощностей к строительству на Томской и Зиминской площадках привлекались многие коллективы с других строек нашей отрасли, чтобы помочь обеспечить задание, сохранить престиж отрасли.

Всматриваясь в прошлое, заново переживая многое из периода развития строительной индустрии Минсредмаша СССР, особенно стоит подчеркнуть особую роль в нем А.В. Короткова, Н.Н. Волгина, В.В. Киреева, А.Н. Усанова, С.И. Погарского, И.Е. Дерябина, К.Н. Москвина, Н. К. Смазнова, А.П. Игнашина, В.К. Чистякова.

А.Н. Усанов, будучи заместителем министра с 1979 г., ввел как обязательную практику рассмотрения у него директивных графиков и организационно-технических мероприятий по всем важнейшим объектам на всю годовую программу, с вызовом одного из руководителей генподрядной организации и основных исполните-



А.Н. Усанов,
заместитель министра
по строительству
в 1979—1992 гг.
(1929—1992)



На строительстве Смоленской АЭС.
Справа налево: В.С. Андрианов, В.В. Киреев,
В.К. Чистяков, В.И. Рудаков и др.



Социальный и культурный центр в г. Снежкусе

требовал сокращения ручного труда во всех производствах, рационализации рабочих мест, совершенствования системы обучения и повышения квалификации кадров, резкого роста производительности труда, обновления парка строительно-дорожных машин и механизмов, укрепления хозяйственного расчета в строительных и монтажных организациях, последовательного перехода от административных к, преимущественно, экономическим методам хозяйствования, т. е. требовались конкретные меры по ускорению научно-технического прогресса в строительной индустрии Минатома России.

В 1986 г. была разработана и в дальнейшем в основном выполнена Комплексная программа «Научно-технический прогресс и интенсификация строительного производства. 1986—1990 гг.» (утверждена А. Н. Усановым 23.12.86 г.). Эта программа разрабатывалась на основе мероприятий по развитию домостроительных комбинатов, утвержденных 6 марта 1986 г. (№ К-1043 от 14.03.86 г.).

Был утвержден проект реконструкции и расширения базы стройиндустрии для строительства Южноуральской АЭС.

Однако начавшийся с 1990 г. спад производства, а в последующие годы резкое сокращение объемов строительства приостановили развитие как строительных организаций отрасли, так и их баз стройиндустрии. Даже имеющиеся производственные мощности оказались не загруженными.

В 80-е годы в нашей стране произошел ряд

лей субподряда. Приглашались ГУКС и заказчик (если надо, то и «Главснаб»), заслушивались доклады, готовились и утверждались решения. По менее ответственным, но тоже важным объектам, такое рассмотрение выносились в главки. После такого совместного обсуждения с массой вопросов устанавливалась персональная ответственность за то, что решать и кому решать. Такой подход к делу, встречи на таком уровне помогали специалистам с мест перехватывать опыт старших. Они быстро вырастали, старались самостоятельно решать проблемы, заинтересованно работать.

К сожалению, курс на перестройку экономики страны, ход реформ, отсутствие стабилизации производства, повышение самостоятельности предприятий истроек при резком снижении объемов капитального строительства отрицательно повлияли на деятельность всех участников строительного комплекса.

Курс ускоренного экономического развития

землетрясений и крупных аварий, в ликвидации последствий которых активно участвовали строительные и монтажные организации министерства и прикомандированные к нему военные строители.

Так в марте 1984 г. произошло Кызылкумское землетрясение, потребовавшее сосредоточения сил на ликвидацию последствий. Невзирая на трудности, используя опыт работ по восстановлению после землетрясения Ташкента, удалось в сжатые сроки выполнить порученные объемы работ в городах Навои, Зарафшане, Учкудуке.

В субботу 26 апреля 1986 г. произошла Чернобыльская авария, пришла беда для очень многих, которая еще долго будет лихорадить нормальную жизнь в пострадавших районах.

Все участники ликвидации последствий аварии хорошо понимали, что от их активных действий в зонах работ зависит своевременное предотвращение распространения радиоактивного заражения на прилегающую местность, на нормальную жизнь в целом в стране. Поэтому работы по ликвидации последствий аварии не прекращались круглосуточно.

Перечислить всех активных участников аварийно-восстановительных работ трудно, да в этой книге такая задача и не ставилась. Общее руководство строительством укрытия постоянно осуществлял заместитель министра А.Н. Усанов. Активно трудились начальники управлений строительства Е.В. Рыгалов, Г.Д. Лыков, И.А. Дудоров, В.П. Дроздов, руководители главков В.И. Рудаков, К.Н. Москвин, Л.В. Забияка, Ю.М. Савинов, И.А. Беляев. В экстремальных условиях отличились офицеры П.Ф. Карпюк, И.З. Арнаут, С.Л. Шевляков, П.Г. Михно, П.А. Жук, Х.С. Хаметов, В.С. Гривцов); из вольнаемного состава Г. М. Серeda, В. Е. Булат, Ю. Ф. Юрченко, С. А. Корчагин, А. В. Бевза, К. С. Тыдыков, В.К. Сперанский и др.

Несмотря на чрезвычайные трудности (высокий фон радиации, сильное радиационное загрязнение территории и зданий вокруг четвертого блока и т. д.), работы велись быстрыми темпами. В августе 1986 г. в период второй вахты (с 16 июля по 15 сентября) наступила пора «большого» бетона. Товарный бетон для саркофага и других конструкций выдавался до 6 тыс. куб. м в сутки. В этот период на строительстве УС-605 работало 9347 чел., в том чи-

сле на строительно-монтажных работах 2862 чел., было задействовано 982 единицы автотранспорта, 297 дорожно-строительных машин.

7 декабря 1988 г. произошло землетрясение в Армении — очередное испытание строительной подотрасли министерства и приданных к нему военно-строительных частей. Министерству было поручено восстановление Кировокана.

Большой объем восстановительных работ и скоростного строительства в сложных бытовых условиях потребовал привлечения в Кировокан сил всех строительных организаций отрасли, которые направили сюда наиболее инициативных организаторов производства, грамотных инженерно-технических работников, опытный линейный персонал механизаторов, водителей и квалифицированных рабочих. Экспедиционный и вахтовый методы строительства под постоянным контролем центрального аппарата и управления строительства, во взаимодействии с ЦУ военно-строительных частей (ВСУ) позволяли успешно решать задание правительства. Строительные организации подтвердили еще раз свою мобильность и высокую ответственность за исполнение возложенного поручения.

7 июня 1989 г. в Кировокане был введен в эксплуатацию первый жилой дом. Кроме жилых домов, была построена средняя школа на 1000 учащихся, детсады, магазины, инженерные сети, выполнено благоустройство.

Начальниками строительства в Армении были В. В. Малышев, В. А. Курамшин, И. А. Дударов. Ход строительства и восстановительных работ регулярно проверял заместитель министра А.Н. Усанов, начальники ряда главных управлений министерства.

Среди активных участников восстановительных работ после землетрясения в Кировокане следует отметить главных инженеров строительства А.И. Приказчика (из г. Снежка), В.В. Лямаева (из г. Желтые Воды), заместителей начальника строительства В.Ф. Ярыгина, В.В. Веселова, заместителя по политчасти Г.Я. Тарутина, руководителей района В.В. Филиппова, А.Д. Нагайцева, начальника ЖКО В. Самуру, главного инженера проекта В.А. Яковлева (ВНИПИЭТ).

Общая численность участвующих в этих работах от Министерства составляла около 10

тыс. человек, при максимальной суточной численности вахты-смены до 3,5 тыс. чел.

Ниже приводится история развития ряда строительных организаций, внесших огромный вклад в развитие отрасли.

ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (г. Электросталь Московской области)

30 августа 1945 г. Завод № 12 (сейчас АООТ «Машиностроительный завод») из Наркомата боеприпасов был передан в ведение Первого главного управления (ПГУ). Именно на этом военном заводе было намечено обрабатывать новые технологии для решения вопросов ядерной проблематики, он был выбран форпостом химико-металлургического производства, зарождающейся новой промышленности.

Коллектив завода на своих плечах пронес войну, был трудолюбив, терпелив, неприспособлен в быту, радовался Победе.

13 октября 1945 г. Постановлением СНК СССР утверждается проект реконструкции завода, а все работы по реконструкции поручаются Главпромстрою НКВД (МВД).

Приказом № 304 НКВД СССР от 10 октября 1945 г. Л.П. Берия поручает своему Ногинскому управлению Волгостроя сосредоточить все наличные силы в Электростали, образовав Управление строительства № 442 Главпромстрою МВД.

Важнейшей задачей Завода № 12 в первоначальный период было опытное, а затем промышленное изготовление металлических урановых блоков для строящегося исследовательского реактора Ф-1 в Лаборатории № 2 и промышленного реактора в Челябинске-40.

Все строительство и реконструкция делались с листа, с распоряжения начальника, порой устного указания, по своей личной инициативе и опыту, под девизом «Только вперед!»

С октября 1945 г. до 1958 г. было проведено шесть очередей комплексной реконструкции завода и каждая из них выполнялась в директивные сроки или досрочно. Другого в те суровые и горячие годы и не могло быть.

3 июня 1946 г. начальником строительства назначается инженер-полковник Н.Н. Волгин. Главным инженером был опытный и неутомимый В.П. Нарбеков. Опытное производство, эксперименты, отработка новых технологий непрерывно требовали реконструкции с рас-

ширением производственных площадей. Большие объемы строительных работ достигались большим числом строителей, работой в 2—3 смены. К руководству этими работами собирали ответственных, надежных специалистов. Основная рабочая сила строек тех лет — военные строители и заключение. Все, что надо было сделать, строители делали, работая днем и ночью, практически вручную, в снег и в дождь.

Для этого завода — флагмана химико-металлургического производства ядерной промышленности в первые 5—10 лет была характерна кратковременность существования отдельных производств, отсюда необходимость многократных реконструкций одних и тех же корпусов. Это не было связано с чьими-то ошибками, это был результат творческого научно-производственного процесса.

Отработанные на заводе технологии передавались другим предприятиям для выпуска продукции на широкой промышленной основе, а опытные производства опять реконструировались под новые задачи. После 1954 г. (после пуска первой АЭС) это — разработка и освоение технологий по выпуску твэлов для АЭС, ядерно-энергетических установок военно-морского флота, для экспериментальных исследовательских ядерных реакторов. И опять — реконструкция, расширение, новое строительство. Флагман, он и есть флагман!

Начальниками строительства в период с 1946 по 1956 гг. были Н.Н. Волгин (1946—1949 гг.), Н.М. Иванов (1949—1950 гг.), А.П. Горшков (1950—1953 гг.), И.П. Бойков (1953—1956 гг.), главными инженерами — В.П. Нарбеков, Н.М. Краснюк, В.А. Быстроворов.

При переходе строительства на хозяйственный способ ведения работ завод встретился с огромными трудностями. Необходимо было практически заново создавать строительную организацию, базу строительства, укреплять стройку постоянными строительными кадрами рабочих и ИТР.

Острой проблемой стало расселение вновь набранной рабочей силы, для чего срочно были вынуждены приспособлять бывшие военные казармы.

В Электростали, несмотря на плачевное состояние базы в 1956—1957 гг., строительная организация с помощью завода постепенно вста-



А.А. Любельский,
начальник Управления
строительства МСЗ
в 1962—1965 гг.

ла на ноги, а далее стала приближаться к передовым подрядным организациям отрасли, а многие и обогнала технически, экономически и высокой квалификацией рабочих и ИТР. Велика в этом роль директоров завода А.Н. Каллистова, особенно С.И. Золотухи, В.Ф. Коновалова.

Помимо вопросов, связанных с продолжающейся реконструкцией и строительством новых производств, одними из тя-

желейших вопросов на заводе были жилищный и социально-бытовой. Начальник Управления строительства завода в 1959—1961 гг. А.И. Лобанов сосредоточил внимание на росте строительной организации и укреплении ее квалифицированными кадрами. В эти годы производительность труда строителей возросла почти в 2 раза. К 1960 г. застроилась центральная часть города, развернулось строительство в 19-м квартале с внедрением новых типовые проектов пятиэтажных домов. Простые дома с малометражными квартирами позволяли быстро решить жилищную проблему.

В 1966—1970 гг. на заводе осуществлено строительство ряда крупных промышленных корпусов с применением прогрессивных конструкций и материалов.



Корпус № 274 АООТ МСЗ



Центральная заводская лаборатория, корпус ИВЦ МСЗ

При строительстве крупных промышленных корпусов применялись новые прогрессивные железобетонные конструкции, свайные фундаменты, стеновые панели на легких заполнителях с облицовкой керамической плиткой, стеклопрофилит, зенитные фонари, алюминиевые витражи. При отделке широко внедрялись пластики, акмигран, мрамор, анодированный алюминий, дерево ценных пород, сборные и монолитные полы с применением цветной плитки, брекчи, мраморной крошки.

Управление строительства в 1969 г. обеспечило объем СМР в размере 11,44 млн. руб., а это уже объемы треста.

В 1964—1975 гг. застраивалась южная часть города пяти- и девятиэтажными домами (серии 114-85-3, 114-124). В промстроительстве применялись здания павильонного типа, позволяющие заводу легко проводить перекомпоновку технологических линий и производств. В эти годы строители поднялись по качеству строительства на уровень лучших строительных организаций страны, завоевали ряд дипломов Госстроя РСФСР за высокие показатели в строительстве и оригинальную архитектуру, за строительство объектов в нормативные сроки и досрочно.

4 сентября 1971 г. уникальное сооружение — ледовый Дворец спорта принял спортсменов и горожан, а вслед за ним в 1974 г. введен плавательный бассейн, удостоенный диплома II степени на конкурсе Госстроя РСФСР.

С 1977 г. при строительстве крупнопанельных



Электросталь, улица Мира

девятиэтажных домов стали внедряться поворотные секции, что обогатило архитектуру города, придало ей величественность и красоту.

В 1978—1982 гг. на заводе строятся крупные промышленные комплексы, отвечающие всем современным требованиям. Еще большее внимание уделяют строители благоустройству города, созданию малых форм, обогащая фасады индивидуальными решениями в дополнение к типовым.

После 1956 г. строительством в Электростали руководили В.С. Толобов (1956—1959 гг.), А.И. Лобанов (1959—1961 гг.), А.А. Любельский, (1962—1965), А.Н.Афанасьев (1966—1973 гг.) и др.

С мая 1980 г. начальником Электростальского управления строительства (ЭУС) работает С.А.Новгородов, бывший главный инженер Приаргунского управления строительства, где



Электросталь, ул. Спортивная

он прошел закалку как крупный руководитель. Инженерную службу обеспечивает И.Г. Большедворский.

В последние годы строители переживают исключительные трудности. Резко сократились инвестиции, неплатежи за выполненные работы и услуги стали системой, появились затруднения со своевременной выплатой заработной платы, трудно просматривается перспектива даже у основного заказчика — «Машиностроительного завода».

Генеральный директор ЭУС С.А.Новгородов — руководитель требовательный, технически высокограмотный, лидер по натуре. Умение увидеть новое, прогрессивное, сосредоточить силы на главных объектах и настроить коллектив на повышенный трудовой ритм, расширение географии действий электростальских строителей, заботы о повышении мобильности — присущие ему качества.

В настоящее время производственные мощности этой стоительной организации используются лишь на 40—50%. При некотором укреплении строительной техникой она может обеспечить объемы СМР в 2—2,5 раза выше, чем фактически сложились в 1995 г.

ЮЖНОУРАЛЬСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

(г. Челябинск-40, ныне г. Озерск)

Строительство на объекте Челябинск-40 начало действовать на базе крупнейшей в то время строительной организации «Челябметаллургстрой». Первые строители-дорожники во главе с начальником района дорожных работ Ф.А. Круповичем прибыли 17 февраля 1946 г. Зима была лютой и снежной, постоянных дорог еще не было. Даже гужевой транспорт буксовал. Весной в болотах и топях вставало все, в том числе и танки, используемые как тягачи.

В то послевоенное время строительной тех-



С.А. Новгородов,
начальник, а затем
генеральный директор
ЭУС с 1980 г.
по настоящее время



Гостиница-коттедж на берегу оз. Иртяш, где жили и работали академики И.В. Курчатов, А.П. Александров и другие ученые (дом не сохранился)

ники остро не хватало, практически все делалось вручную, в основном применялись монолитный бетон, вязанная арматура, деревянная опалубка, носилки и тачки, рикши, хоботы. Обычная схема укладки бетона «кран-брадья» не применялась — не было кранов. Большие объемы работ брали большим числом рабочих и двух-трехсменной работой.

О том, как в первые 5—10 лет строились объекты ядерной промышленности, какие были порядки на строительных площадках и в целом на стройке, о первопроходцах-строителях, таких как ветераны-начальники Я.Д. Рапопорт, М. М. Царевский, П. Т. Штефан, Б.А. Белявский, Н.К. Смазнов, В.А.Сапрыкин, о первостроителях-инженерах О.Ф. Горсте, И.Д. Бутримовиче, О.А. Фролове, Ю.Ф. Старикове, Г.И. Турове и других достаточно изложено в книгах, появившихся в наши дни.

После ввода первого промышленного ядерного реактора не менее интенсивно шло строительство последующих реакторов для наращивания мощностей, а также производилось строительство радиохимического и химико-металлургического заводов.

Монтаж оборудования и металлоконструкций обеспечивался в Челябинске под контролем заместителя начальника Главпромстроя НКВД П.К. Георгиевского, при непосредственном участии Н.К. Смазнова, Б.В. Бакина (в последующем министра Минмонтажспецстроя СССР). Позднее в работу включился Е.М. Ключин, прошедший путь от рядового прораба-монтаж-

ника до главного инженера 12-го Главного управления (монтажного).

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 29 октября 1949 г. большая группа строителей за выполнение особо важного государственного задания была награждена Правительственными наградами.

Звания Героя Социалистического Труда СССР были удостоены начальник строительства М.М. Царевский, главный инженер строительства В.А. Сапрыкин, начальник Главпромстроя А.Н. Комаровский, заместитель начальника Главпромстроя П.К. Георгиевский.

Высокими государственными наградами были отмечены многие активные участники этого героического строительства — строители, монтажники, эксплуатационники, научные и партийные работники, военные специалисты.

В конце 1957 г. перед самым пуском II очереди Завода Б произошла авария — взорвалось хранилище радиоактивных отходов. Хранилище разлетелось на куски. Дезактивацию проделали, в основном, строители. Ветеран стройки, занимавшийся дезактивацией, Ю.Ф. Старков рассказывает: «Я всю осень 1957 г. спал вместе с солдатами в юртах».

Готовый огромный комплекс — II очередь Завода Б отмывали, очищали целый год и только потом ввели в эксплуатацию. Матушка-природа свои тайны отдаёт с неохотой, и крепко и безжалостно наказывает тех, кто обращается недальновидно и неумело с ее тайнами. Благодушные и простоту отношений она не терпит.

В последующие годы построили предприятие по производству радиоактивных изотопов, Завод РТ-1 по переработке топлива с реакторов АЭС и атомных подводных лодок. По сложности технологии производства, автоматизации всего цикла, исполнению строительных и монтажных работ Завод РТ-1 гораздо сложнее заводов А и Б.

Что же представляла собой строительная индустрия в Челябинске-40, где ее истоки и в итоге какова ее мощность? В 1945—1955 гг., еще в системе Главпромстроя МВД, были и действовали Управления промышленных предприятий (УПП), а на строительных площадках сновали, как муравьи, тысячи солдат-строителей и заключенных. В этот период на строительстве работала около 40 тыс. чел.

Слушая рассказы О.Ф. Горста (бывшего главного инженера УПП), делаешь один вы-

вод — все у строителей было примитивно — на 90%, если не выше, был ручной труд. Конечно, бетон готовили в бетономешалках, но тогда еще не было пневмотранспорта для цемента, арматура — почти вся вязанная, сборный железобетон — лишь вкрапления в конструкциях. А что изготавливали в мехмастерских? Скобы, ерши, хомуты, шпильки, тачки, рикши, хоботы, металлические лестницы, кое-где подвесные металлические леса, транспортеры — весь этот перечень говорит только о ручном труде. На УПП делали сборный железобетон, но в мизерном количестве, в деревянных полигонах, с бетонированием в ямных камерах. Зимой тут постоянно стоял туман от пара.

Автотранспорт, автокраны, заправщики, «летучки» — все сплошь под открытым небом. В редких случаях в зимнее время имелся подогрев двигателей. Из-за нехватки средств и времени для развития производственной базы строителей так было практически до 1960 г.

После 1960 г. стали реконструировать производственные базы, переходить на промышленные методы строительства, повышать сборность, снижать ручной труд.

Это характерно для всех строек, в том числе и для Южноуральского управления строительства (ЮУС), которое начало эту работу раньше других на 2—3 года. Так пустотные плиты перекрытий в массовом количестве здесь появились в 1957 г., начался выпуск железобетонных балок длиной 6, 9 и 12 м, появились попытки применения напряженно-армированных конструкций. Темп нарастания полносборного строительства можно характеризовать так: в 1955 г. сборного железобетона выпускалось всего 19,8 тыс. куб. м в год, а в 1958 г. уже 82 куб. м, т. е. более, чем в 4 раза. Начали строить домостроительный комбинат, расширять старые и создавать новые производства.

Вот итог этой творческой, энергичной, напряженной работы: в 1955 г. УПП выпустило продукции на 9 млн. руб., в 1983 г. — на 42 млн. руб. При этом численность работающих в УПП резко сократилась: в 1955 г. было 3359 чел., в 1983 г. осталось 2510 чел.

Стройка гордится внедренной на УПП конвейерной технологией изготовления наружных стеновых панелей жилых домов. Первый опытный дом по этой технологии построен в 1974 г.,



А.В. Пичугин,
начальник ЮУС
в 1966—1979 гг.



Г.М. Серeda,
начальник ЮУС
в 1986—1991 гг.
(1935—1991)

и с тех пор проект прошел четыре улучшающих его корректировки. Это — подвиг стройки и коллектива УПП. Здесь был изучен и применен весь передовой опыт страны. Многие были спроектированы и сконструированы самими, на своих предприятиях было изготовлено именниковое оборудование и запущен конвейер.

Южноуральское управление строительства постоянно работает на объектах комбината «Маяк», расширяя и модернизируя это сложное и уникальное производство. Строителями построен филиал Арзамаса-16 — будущий ВНИИТФ, теперь Российский Федеральный ядерный центр в Снежинске.

После начальника строительства В.П. Трепалина, типичного администратора, начальником стал динамичный, современный организатор, быстро поправивший дела после своего предшественника Г.М. Серeda. Его отличают сильный характер, работа всегда на перспективу, знание людей.

За эти годы в Челябинской области построены и введены крупные промышленные объекты: горнообогатительный комбинат, крупнейшее производство медной фольги на Кыштымском медэлектродном заводе, чугунолитейный цех мощностью 60 тыс. т чугуна на Каслинском машиностроительном заводе, построено семь совхозов. Только за период с 1976 г. по 1989 г. в совхозах выполнены СМР в объеме 74 млн. руб., в том числе построено 290 км автомобильных дорог.

Мощность базы стройиндустрии обеспечи-



А.Г. Белошицкий,
генеральный директор
АОЗТ ЮУС с 1991 г.
по настоящее время

вает выпуск (в расчете на год) ЖБИ в объеме 337 тыс. куб. м, стеновых панелей 160 тыс. кв. м, в том числе для жилых домов серии 111-90, столярных изделий 145 тыс. кв. м, бетона 702 тыс. куб. м, асфальтобетона 108 тыс. т, щебня 570 тыс. куб. м, песка 200 тыс. куб. м, керамзита 72 тыс. куб. м.

АОЗТ «Южноуральское управление строительства» (ЮУС) при пополнении рабочей

силой может обеспечивать объем СМР в 150 млн. руб. в год в сметных ценах 1991 г. Возглавляет его А.Г. Белошицкий — это уже руководитель из третьего поколения, главным инженером является В.И. Деревянко, ветеран, прошедший здесь все стадии роста инженера-строителя. Начальниками Южноуральского строительства были Д.К. Семичастный, Я.Д. Рапопорт, М.М. Царевский, П.П. Честных, П.Т. Штефан, А.К. Грешнов, В.А. Мусинов, А.В. Пичугин, В.П. Трепалин, Г.М. Середа, главными инженерами — И.Ф. Гаврилов, В.А. Сапрыкин, А.К. Грешнов, В.Н. Латий, М.С. Зарин, И.Е. Дерябин, Э.И. Качинский.

СРЕДНЕУРАЛЬСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

(г. Свердловск-44, г. Верх-Нейвинск,
ныне г. Новоуральск)

Для получения высокообогащенного урана методом диффузии в послевоенные годы потребовалось срочно построить Комбинат № 813. Такой уран нужен был для создания ядерного оружия. На базе отдельного стройрайона «Тагилстроя» Главпромстроя МВД было организовано Строительное управление № 865 МВД. О том, какими были организация работ и методы строительства в те годы, известно из опубликованных книг. Все было очень похоже на ситуацию в г. Челябинске-40. Строительство в условиях сурового Среднего Урала при наличии примитивной строительной базы, отсутствии опыта строительства таких объектов в условиях послевоенной разру-

хи было трудным делом. Здесь прошли суровую школу ученые, проектировщики, эксплуатационники, строители.

В 1950—1952 гг. были построены крупные мощные и совершенные диффузионные заводы. Завод — это здание около 130 тыс. кв. м, в котором установлены каскады из тысяч машин. В 1953 г. на комбинате работало 15 тыс. диффузионных машин высотой от 60 см до 6,5 м. И каждая машина — сложный агрегат, состоящий из компрессоров, холодильника, делителя, электродвигателей и т. д. Для их работы требовалось много электроэнергии и воды для охлаждения. Для этого были построены и задействованы соответствующие объекты, системы и производства. Труд огромен!

В последующие годы комбинат расширялся, проводились строительные и специализированные монтажные работы по реконструкции и модернизации действующих производств, шло усиленное развитие базы строительной индустрии, высокими темпами строилась вся инфраструктура города.

Здесь проходили строгую школу проверки начальники Управления строительства И.К. Бирюков, И. П. Бойков, А. С. Пономарев, А. Н. Консулов, В. Г. Мухин, В. Н. Латий, Л.И. Гороховский; главные инженеры В.Е. Любомирский, Б.М. Сердюков, Н.В. Шешенков, А.И. Рясин, Л.И. Гороховский, И.Е. Дерябин.

В последующей практике многие из них будут руководить стройками в других регионах, организовывать строительство новых крупных объектов и городов. Так И.Е. Дерябин до начала работы главным инженером Среднеуральского управления строительства, а позднее его начальником, более 4 лет был заместителем начальника, а до этого строил диффузионный завод, прошел все ступени творчества и испытаний.

Последний жилой барак в городе строители снесли в 1968 г., а сколько прекрасных гражданских зданий ими построено в областном центре — Екатеринбурге (Свердловске) и в самом Новоуральске.

Архитекторы в полную меру использовали богатые природные условия и особенности Среднего Урала. По мере роста города новые его районы размещались как на склонах гор, так и в заболоченных низинах.

Эта — одна из первых крупных строительных организаций, созданная на базе стройрай-



Екатеринбург,
здание административного центра

она треста «Тагилстрой» МВД для строительства предприятий ядерной промышленности, быстро набирала производственные строительные мощности и по мере выполнения работ и освобождения строительных мощностей Минсредмаша СССР как первоочередного заказчика, вела строительство крупных объектов для других отраслей промышленности, например Уральский автомобильный завод.

Все диффузионные заводы в последующие годы (1960—1990 гг.) были реконструированы на центрифугированную технологию. В 1960—1964 гг. первый такой промышленный завод вступал в действие в Свердловске-44. Работа по переоснащению была сложной, многодельной и трудоемкой. В существующих зданиях пришлось демонтировать все оборудование, массивные железобетонные фундаменты пришлось раздробить и убрать, сделать все по новым современным технологиям с тысячами газовых центрифуг. Требовалось соблюдение мер радиационной безопасности.

Среднеуральским управлением строительства (СУС) выполнено расширение и реконструированы по современным технологиям Верхне-Нейвинский завод вторичных металлов (литье и поковки) и Кировоградский медеплавильный комбинат Минцветмета СССР, в 1982—1988 гг. построено станкостроительное производство Невьянского механического завода (производственные площади 72,8 тыс. кв. м), проведена реконструкция с расширением Кировоградского завода твердых сплавов (производство вольфрамового ангидрида мощностью 3,5 тыс. т) и многие другие объекты.

Среднеуральское управление строительства, как и все другие строительные и монтажные организации министерства, принимало непосредственное участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, последствий землетрясения в Армении (7 декабря 1988 г.). На долю СУС выпала в те годы работы по ликвидации аварии, случившейся 4 октября 1988 г. на железнодорожной станции Свердловск-Сортиро-



Уральский автомобильный завод



В.Д. Опарин,
начальник Среднеуральского управления строительства в 1974—1986 гг.



П.И. Боков,
начальник, а затем
генеральный директор
Среднеуральского управления
строительства с 1986 г.
по настоящее время

вочная, когда в черте города взорвался вагон со взрывчаткой. Даже через месяц картина места аварии была страшной. Оконные стекла домов, вышибло в радиусе 0,5 км, в близлежащих к месту взрыва домах окна были вышиблены вместе с переплетами, выбиты двери, снесло крыши, старые дома были разрушены.

Рукой нельзя было коснуться поверхности стен — почти как на наждачной шкурке всюду сплошь осколки стекла. Все СМУ-3 (начальник — ветеран отрасли А.Л. Стамбульчик) и другие подразделения вместе с руководством СУС надолго были привлечены к круглосуточной работе по восстановлению разрушенного.

На восстановление разрушенного были подняты все строительные организации города; порученный объем работ СУС выполнило в директивные сроки.

Гордостью СУС сегодня является его промышленная база стройиндустрии — одна из крупнейших на Среднем Урале. Годовой выпуск основной продукции включает крупнопанельные жилые дома (32 жилых 72-квартирных дома общей площадью 160 000 кв. м), железобетонные изделия (105 000 куб. м), отделочные материалы из камня (100 000 кв. м), керамзитовый гравий (80 000 куб. м), пиломатериалы (60 000 куб. м), оконные и дверные блоки (120 000 куб. м), гипсобетонные перегородки (153 000 кв. м), щебень (420 000 куб. м), свои средства механизации, автотранспорт, ре-

монтные службы. «Золотой фонд» СУС — квалифицированные кадры.

Эту строительную организацию всегда отличало высокое качество строительства.

В настоящее время СУС возглавляет генеральный директор П.И. Боков, руководителем инженерной службы является О.А. Левченко, сметно-экономическую работу, ценообразование в строительстве обеспечивает А.П. Тимошевский.

Большой вклад в развитие ядерной промышленности вложил здесь ветеран отрасли В.Д. Опарин, прошедший все ступени становления технически грамотного инженера-производственника и руководителя и ставший начальником строительства после перевода И.Е. Дерябина на работу в 10-е ГУ.

СЕВЕРОУРАЛЬСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

(г. Свердловск-45, ныне г. Лесной)

Кроме газодиффузионной технологии получения высокообогащенного урана-235 (создание такого производства было начато в конце 1945 г. в Верх-Нейвинске) существовал электромагнитный метод разделения урана. Промышленную установку с использованием этого метода было решено построить на Урале. Площадку под будущий Завод № 418 (теперь это крупный комбинат «Электрохимприбор») выбрали в районе г. Нижняя Тура. На базе существующей там Нижнетуринской промышленной колонии № 2 приказом МВД СССР от 7 августа 1947 г. была создана строительная организация под названием Управление исправительно-трудового лагеря и строительства № 1418 МВД СССР.

Решение о строительстве завода было принято в конце 1947 г. Первый отряд военных строителей во главе с первым начальником строительства М.А. Зарицким прибыл из Сухуми из состава Строительства № 791 МВД СССР. Практически одновременно с вводом первого завода с диффузионной технологией в Свердловске-44, была введена в эксплуатацию установка СУ-20 по разделению изотопов урана электромагнитным способом. Установка СУ-20 — крайне дорогостоящее предприятие и очень энергоемкое. Установка и ныне используется для получения стабильных изотопов различных химических элементов. В последующие годы создавались другие производства

Таблица. Изменение состава строителей Североуральского управления строительства в 1955—1960 гг.

Состав строителей	1955	1958	1960
Всего работающих	12 021	5328	4962
В том числе:			
вольнаноменные	2223	1174	1307
военные строители	5545	2356	3550
заключенные	4253	1798	105

ядерной и оборонной промышленности, строился город. Основной рабочей силой, как и на других стройках, тогда были заключенные и военно-строительные отряды. С третьего квартала 1953 г. численность заключенных начала резко снижаться. Так если в 1952 г. заключенных было 8041 чел., то в 1955 г. их стало 4253 чел., а в 1961 г. строительная организация от них освободилась вообще. Некоторое представление об изменении состава строителей дает приведенная выше таблица.

Начальниками строительства в разные годы были М.А. Зарицкий (1947—1949 гг.), Д.С. Захаров (1949—1951 гг.), С.Е. Шебетовский (1951—1952 гг.), П.Т. Штефан (1952—1954 гг.), С.И. Шемена (1954—1955 гг.), Г.Е. Минев (1955—1963 гг.).

С 19 февраля 1960 г. Североуральское управление строительства перешло в ведение завода, т. е. стало вести СМР хозяйственным способом.

Следует отметить, что условия развертывания строительства в первоначальный период, общая ситуация на этой стройплощадке практически ничем не отличались от того, что было в Челябинске-40, Свердловске-44 или Златоусте-36: проектирование отставало; жилье — бараки, юрты, полуземлянки; механизация — кайло, лопаты, тачка, грабарка; транспорт гужево́й, дороги — чаще всего лежневки на десятки километров. Выручала взрывчатка и военные строители, прошедшие войну, с огромной работоспособностью и неприхотливостью, а также заключенные.

Ветераны строительства — первопроходцы-инженеры Г.М. Козлов, Л.К. Львов, Н.П. Чернышов, М.Н. Дылдин, кадровый работник В.В. Попов (в то время лейтенант) вспоминают первые годы становления строительной организации с большой теплотой, так же как и свои молодые годы, полные тревог и истинной радости.

Р.А. Жуманов,
главный инженер
Североуральского управления строительства в 1970—1973 гг., заместитель главного инженера ГУ, а позднее начальника ГУ, начальник отдела СПАО «Прогресс» в 1976—1997 гг., (1927—1997)



В 1969 г. вызрела необходимость вновь перейти на подрядный способ работ, так как строительная организация завода перестала справляться с объемами работ, необходимых городу.

С 8 декабря 1969 г. начальником строительства был назначен М.И. Платонов, бывший главным инженером в Томске-7. Главным инженером строительства стал Р.А. Жуманов — бывший заместитель главного инженера строительства в г. Сосновый Бор, ранее работавший в Красноярске-26.

За 10 лет хозспособа строители сильно отстали от строительных организаций министерства технически, организационно, остановились в развитии. В 1970 г. здесь существовал еще гужево́е транспорт и считалось, что без него обойтись нельзя. Выше пяти этажей дома не строились. Рельеф местности, как важнейший элемент архитектурно-планировочного решения, практически не учитывался. Строители стремились «сдирать» скалу везде, лишь бы сделать ровное место. Никакие подпорные стенки из местного камня не использовались, не было никаких малых форм. Надо было срочно усиливать работы на инженерных сетях, газопроводах, по переводу котельных с угля на газ, строить очистные канализационные сооружения. Проект на реконструкцию и расширение производственной базы отсутствовал. Стройка не имела даже схемы развития своей базы.

Проект базы разработал институт «Оргстройинипроект» и его Лермонтовский филиал. В ходе ускоренного строительства и расширения БСИ вносили изменения в сторону увеличения мощностей и совершенствования технологии. То же и по базам монтажных органи-



Город Лесной, музыкальная школа, крупнопанельные жилые дома собственного изготовления

заций. Расширили военный городок с учетом требований типовых проектов Минобороны. Полковника А.Н. Тарасова и командиров рот не надо было уговаривать, военные люди понимали, что строят для себя и часто строили в нерабочее время.

В первые два года в основном были осуществлены перевод котельных на газ и прокладка канальной связи, построен узел связи, развернуто строительство девятиэтажных жилых домов, завершены I очередь реконструкции Нижне-Туринской ГРЭС, I этап развития завода минераловатных изделий 13-го ГУ и литейного производства на Нижне-Туринском машзаводе. Директор завода Е.А. Карпов всячески помогал строителям встать на ноги.

На заводе «Электрохимприбор» усиливались работы на всех площадках. Деловую помощь,



Жилой дом (индивидуальный проект)

особенно на заключительных этапах, т. е. при пуско-наладке и вводе в эксплуатацию, постоянно оказывал главный инженер, а позднее директор Л.И. Надпорожский. Работать с этим спокойным, культурным, простым человеком было легко. Он при всей своей занятости находил время (и не малое) разобраться во всех вопросах.

В 1970—1971 гг. на строительстве остро нехватало сборного железобетона серий ИИ-04, ИИ-20 для новых объектов комбината, пустотных плит настила, плит ПКЖ, железобетонных балок длиной 18 м, плит ПК. Поставлялись эти изделия и материалы из Челябинска-40 и Златоуста-36. Поставляли неохотно и часто входной контроль браковал поставляемые изделия, особенно плиты ПК. Приходилось ускоренно создавать свои мощности, организовывать свой цех изготовления металлургической опалубки и оснастки.

Инженерно-технических работников, прорабов, руководителей СМУ приглашали или направляли отовсюду, но без особой охотой ехали они в этот отдаленный район на Урале — выручали молодые специалисты.

На третий год стало легче: освободились от долгостроев, сложился трудовой коллектив. А дальше был выход на мощность по всем параметрам: квалифицированная рабочая сила, достаточная база управления производственных предприятий (УПП), средства механизации работ и транспорт.

Кроме объектов комбината «Электрохимприбор», Нижне-Туринского машзавода, завода минераловатных изделий Североуральского управления строительства построило заново завод в Нижней Туре для Минэлектротехпрома СССР, выполняло активное участие в развитии целого ряда малых городов в регионе, участвовало в ликвидации последствий аварии в Чернобыле и землетрясения в Армении.

В настоящее время СПАО «Североуральское



Е.Б. Губенин, начальник строительства, а затем генеральный директор с 29.10.81 г. по февраль 1996 г.



В.Т. Нестеренко, бывший начальник производственного отдела, затем главный инженер строительства (более 9 лет), с марта 1996 г. генеральный директор СПАО «Североуральское управление строительства»

управление строительства» обладает мощностью до 40 млн. рублей СМР (в сметных ценах 1984 г.) в год, может за год вводить до 60 тыс. кв. м общей площади жилья, выпускать до 100 тыс. куб. м сборного железобетона, 60 тыс. кв. м оконных и дверных блоков и многое другое.

Начальниками Североуральского управления строительства работали И.А.Волочаев (1976—1981 гг.) и Е.Б. Губенин (1981 г. — февраль 1996 г.).

Главным инженером строительства после 1972 г. были: с октября 1972 г. по июль 1986 г. Е.П. Алисов, с 1986 г. по март 1996 г. В.Т. Нестеренко, который в настоящее время исполняет обязанности генерального директора СПАО «Североуральское управление строительства». На этом строительстве от работает с 1971 г.

УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА «ХИМСТРОЙ» (г. Томск-7, ныне г. Северск)

После ввода первоочередных объектов ядерной промышленности на Урале начали создавать мощные комплексы в Красноярске-26 и Томске-7.

Для строительства Комбината № 816 ПГУ в Томске-7 приказом МВД от 6 апреля 1949 г. было организовано Управление исправительных лагерей и строительства № 601, на базе существовавших тогда там исправительно-трудовых лагерей «А» и колонии № 6 МВД СССР.

Этот комбинат даже среди других объектов Минатома России является гигантом по набору производств, а Управление строительства всегда было в числе сильнейших, наравне с Челябинском-40. Здесь были построены производства получения обогащенного урана,

плутония, изотопов, АЭС и другие производства. История этого объекта, города и всех его составляющих крайне богата.

Площадку для строительства Комбината № 816 выбрали в апреле 1949 г. (возглавлял комиссию С.И. Погарский, заместитель начальника Главпромстроя МВД).

Исправительно-трудовой лагерь «А» и колония № 6 имели цеха барачного типа по дерево- и механообработке, очень примитивный механический завод, подсобное хозяйство, конный двор на 150 лошадей.

Томская область и г. Томск в те годы были слабо развиты и областными организациям поделиться со строителями было нечем. Вновь организованному строительству в первый год нужно было 50 млн. штук кирпича, а в Томске на полукустарных заводах производилось всего 7 млн. штук в год. Шлак для засыпки стен барачных приходилось завозить со станции «Тайга-1» (в 100 км от Томска). Вот архивные факты: «Обязать Томский энергокомбинат провести реконструкцию сетей с тем, чтобы дать для первоочередных нужд строительства не менее 40 млн. кВт·ч электроэнергии не позднее 20 мая 1949 г.»

«Обязать Горкомхоз выделить строительству для временного размещения прибывающих работников: в гостинице 30 мест, в доме колхозника 25 мест, в городских домах 10 комнат...»

Шла телеграмма в Москву: «В организациях Томской области нет ни одного экскаватора. Поэтому на месте найти экскаваторщиков и крановщиков невозможно.»

К промплощадке прокладывались лежневки и узкоколейки, строилось барачное жилье, временная промбаза. Проблема рабочих кадров в первые годы решалась расширением численности заключенных и формированием военно-строительных частей. На конец 1949 г. внутривозрастные транспортные средства исчислялись 143 конными повозками и 50 автомобилями, стройка получила 6 экскаваторов, 4 бульдозера (большинство простаивало, так как не было механизаторов).

В мае 1949 г. прибыли два батальона военных строителей, а в октябре был сформирован первый военно-строительный полк.

К наступлению зимы 1949—1950 гг. было построено 8 жилых барачных, 10 финских домов, к весне 1950 г. еще 20 финских домов. В октябре 1950 г. от Томска на стройплощадку

Таблица. Состав строителей «Химстрой» в период с 1949 г. по 1953 г.

Состав строителей	1949	1950	1951	1952	1953
Всего работающих, чел. (%)	4638 (100)	11 615	19 001	26 672 (100)	28 659 (100)
В том числе:					
временнонаемные	550 (11,9)	1492	2018	2783 (10,3)	3165 (10,7)
военные строители	427 (9,2)	4412	4160	7442 (24,8)	16 721 (60)
заклученные	3661 (78,9)	5711	12 823	16 447 (61,9)	8773 (29,3)

подошла железнодорожная ветка. Преодолевая, казалось, непреодолимое, строительство набирало темпы.

С середины 1950 г. началась застройка города капитальными жилыми домами со всеми удобствами, было развернуто строительство бетонного и растворного заводов, цеха железобетонных изделий, ремонтно-механического завода (РМЗ), котельной, прокладывались инженерные сети и автодороги. В том же году началось строительство объекта № 1 — диффузионного завода, ТЭЦ. Вводилось жилье: в 1950 г. 6,5 тыс. кв. м, в 1951 г. 19,8 тыс. кв. м. В 1952 г. началось строительство объекта № 5 — первого ядерного реактора двухцелевого назначения, введены бетонозавод № 1, завод ЖБИ, арматурный цех, растворный завод, РМЗ, авторемонтный завод.

В таблице приведены сведения по численности и составу работающих в «Химстрое» с 1949 г. по 1953 г.

Первые начальники строительства: А.С. Пономарев, (25.04.49 г. — 10.06.50 г.), А. В. Иорданский (08.06.50 г. — 27.11.50 г.), Н. М. Иванов (28.11.50 г. — 25.01.52 г.), И. С. Любый (25.01.52 г. — 02.03.54 г.), М. М. Царевский (10.04.54 г. — 09.09.59 г.); главные инженеры: Г. И. Мельников (21.04.49 г. — 01.02.50 г.), А. В. Иорданский (02.02.50 г. — 10.06.52 г.), А. А. Теплицкий (11.06.52 г. — 22.04.53 г.), Г. М. Кузовлев (01.03.53 г. — 23.05.55 г.), Б. Г. Степанов (1955—1958 гг.); заместители начальника или главного инженера в разное время: Д.С. Захаров, С.И. Шемена, А.Г. Быханов, Г.Л. Примин, В.К. Чистяков, И.А. Пилюгин и другие.

Неоценимый вклад в становление трудовых коллективов внесли участники Великой Отечественной войны, чьи опыт, зрелость, стойкость и убежденность являлись примером для молодежи, да и для всех первопроходцев. Это — Герои Советского Союза Ф.Л. Трофимов (работал с 1949 г. по 1979 г. в УПП),

И. Д. Лимонов (с 1951 г. работал в управлении механизации), В.И. Кулешов (с 1953 г. работал в УВСЧ).

Ветераны помнят И.А. Пилюгина — заместителя начальника по общим вопросам, полковников Гриднева, Маркешина, начальников районов Кружилина, Сакса, Лебедева, Школьников, начальников контор Сусликова, Боса и многих других.

Костяк инженерно-технических кадров составили выпускники вузов и техникумов: И.А. Пронин, М.Ф. Курапов, Т.Т. Антипин, Д.В. Тонких, В.К. Калинина, В.Я. Цыгвинцев, супруги Завалины и многие другие.

Многие военные строители тех лет и позднее остались после демобилизации в управлении «Химстрой» и вписали славные страницы в историю и становление стройки.

Второй период развития Управления строительства «Химстрой» (так стало называться с 1967 г. Управление строительства № 601) начался после передачи Главпромстроя МВД в состав Минсредмаша СССР.

После амнистии 1953 г. резко изменилась структура рабочей силы на строительстве. Объемы работ нарастали, временнонаемный состав возрастал медленно, так как не было жилья, и военные строители стали основной рабочей силой. Если в 1952 г. они составляли 27,8%, то в 1953 г. — 60%. В 1954 г. закончилось формирование строительных отрядов и военно-строительных полков, охватывающих все пусковые комплексы и объекты промышленной базы. С 10 апреля 1954 г. начальником стройки стал М.М. Царевский — опытейший строитель и волевой начальник. С 1955 г. начался период, когда возрастающие производственные задачи стали решаться за счет эффективного использования материально-технических и людских ресурсов. Появилась целесообразность перехода на временнонаемный состав работающих, развернулось строительство жилого поселка «Сосновка», а в 1956 г. на строй-

ку по путевкам комсомола прибыло около 3 тыс. юношей и девушек из центральных районов страны и Средней Азии. Возрос приток вольнонаемного состава из числа демобилизованных военных строителей, а это были уже опытные кадры.

Возрастала техническая оснащенность строительства, в 1958 г. была ликвидирована гуже-транспортная контора.

Ввод объектов Комбината № 816 в эксплуатацию начался с 1953 г. отдельными корпусами и производствами:

объект № 1 (Завод Д — диффузионное производство): корпуса №№ 1—7 — 1953—1958 гг., корпус № 8 — 1959 г., корпус № 9 — 1961 г.;

объект № 5 (реакторы и сопряженные объекты): здание 150 — 1955 г., здание 190 — 1957 г., здание 350 — 1960 г., здание 194 (I очередь) — 1956 г., здание 194 (II очередь) — 1963 г.;

объект № 15 (радиохимическое производство): I очередь — 1961 г., II очередь — 1962 г., здание 252 — 1964 г.;

объект № 25: здания 901, 903 — 1960—1962 гг.;

объект № 45: здание 450 (I очередь) — 1963 г., здание 450 (II очередь) — 1964 г., здание 475 (I—II очереди) — 1964—1966 гг.

В период с 26 сентября 1959 по 3 ноября 1967 г. начальником строительства был А.К. Грешнов, прибывший из Челябинска-40, где работал главным инженером, а затем начальником строительства. Он имел большой опыт на всех стадиях строительства объектов ядерной промышленности, в том числе на завершающей — пуско-наладочной и вводе в эксплуатацию. Большинство мощностей на Сибирском химкомбинате вводилось в период его деятельности.

В 1960 г. Управление строительства «Химстрой» было привлечено к строительству СО АН СССР. Был организован отдельный участок, который в последующем вошел в состав Управления строительства «Сибкакадемстрой».

Следующий период развития «Химстроя» начался в 1967 г. К этому времени основные работы на промышленных объектах ядерной промышленности были окончены. Для загрузки мощностей строительной организации и развития Томска и области с 1967 г. стали возрастать объемы СМР для внешних заказчиков.



Город Северск (Томск-7). Коммунистический проспект

В Томске были построены ряд зданий учебных и научных учреждений, дворец спорта, телецентр, комплекс аэропорта, филиал СО АН СССР, ряд заводов.

1967 г. был переломным и в структуре работающих: численность вольнонаемных рабочих превысила численность военных строителей и заключенных вместе взятых.

Большим достижением «Сибхимкомбината», Управления строительства «Химстрой» и монтажных организаций явилось сооружение комплекса объектов теплоснабжения областного центра от тепла ядерных реакторов. До этого город не имел в достаточном объеме источников тепла, что сдерживало строительство жилья и всей инфраструктуры города.

На «Сибхимкомбинате» в установленные сроки была проведена большая работа по переводу диффузионной технологии на газоцентрифужную, что дало возможность упростить процесс и экономить электроэнергию.

Строительство включилось в развитие агропромышленного комплекса области. Однако наиболее значительным объектом, основным в структуре работ в 70-е — 80-е годы, было строительство крупнейшего нефтехимического комбината и ТЭЦ-3 Северного промузла. Для выполнения этого задания директивных органов строителям нужно было прежде всего решить тяжелейшую задачу — быстро увеличить свои мощности в 2—2,5 раза.

Начальником строительства в это время работал П.Г. Пронягин (03.11.67 г. — 13.07.90 г.), главным инженером Х.Я. Асаинов. Объемы СМР нарастали быстро: в 1974 г. — 1,29 млн.

руб., в 1975 г. — 12,70 млн. руб.; в 1976 г. — 17,6 млн. руб.; в 1977 г. — 34 млн. руб.

В 1977 г. начали вводиться в действие крупные объекты базы стройиндустрии: бетонорастворный завод, завод ЖБИ производительностью 140 куб. м в год, база УПТК и др.

Герой Социалистического Труда П.Г. Пронягин помнится всем, кто сталкивался с ним на «побоище» Томского нефтехимического комбината.

С началом строительства Томского нефтехимического комбината второй ускоренной жизнью зажил заштатный губернский город Томск, город науки и техники, город студенчества.

Мощности этого завода вводились так: май 1976 г. — взят первый кубометр земли; 1981 г. — введено производство полипропилена мощностью 100 тыс. т в год (в стране выпускалось всего 40 тыс. т в год); 1983 г. — введено производство метанола единичной мощностью 750 тыс. т в год (в мировой практике такого не было); 1985 г. — введено производство формалина мощностью 240 тыс. т в год; 1986 г. — введено производство карбамидных смол мощностью 200 тыс. т в год.

За эти годы полностью решена проблема отвода и очистки вод областного центра, так как сбросы стали приниматься на очистные сооружения комбината. Решены задачи водоснабжения города. База стройиндустрии «Химстроя» обеспечивает нужды промышленности и культурно-бытового строительства.

Томский нефтехимический завод был объявлен Всесоюзной ударной комсомольской стройкой. На его строительстве работало более 100 комсомольско-молодежных бригад, около 4000 строителей (из 6000 человек непосредственно на СМР) в возрасте 30 лет.

Эти годы — лучшие годы в жизни и работе многих строителей, монтажников, эксплуатационников.

В 1986 г. более 200 химстроевцев приняли на себя нагрузку по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, были они и в Армении после землетрясения. Когда инженер-полковник К.С. Тыдыков, награжденный орденом Красной Звезды, зашел к нам, почему-то показалось, что не жилец он на этой Земле. У нас нет четкого учета — сколько «нахватался». И хотя у К.С. Тыдыкова жена медик, но и она толком не знает, что такое радиация и сколько ее можно «кушать». Давно нет

этого полковника, да и многих-многих военных и гражданских.

В 90-е годы управление строительства «Химстрой» перешло на рыночные отношения, отказалось от военных строителей, так как они в 1,5—2 раза дороже вольнонаемных рабочих, но кроме отрицательных показателей, ничего не добились. Базу стройиндустрии, развитую на подъем всей экономики отсталой заштатной области, оказалось загрузить практически нельзя. Томский нефтехимический завод уже не строится, недостроенные конструкции II очереди торчат, как кресты на забытых могилах, ТЭЦ-3 кое-как «дышит».

Чтобы подняться хотя бы на 25% от уровня, до которого упали, потребуется не менее 5 лет, причем за первый год (при своевременной оплате за выполненные работы и услуги) без затрат можно подняться на 15—20%.

С июля 1990 г. Управление строительства «Химстрой» возглавляет Г.С. Молоканов, томич, инженер и интеллигент новой формации. Он считает, что перестройкой надо было заняться раньше, но делать все надо обдуманно, через разработку концепций.

Кроме ранее перечисленных начальниками строительства в разное время были А.К. Грешнов, П. Г. Пронягин, в настоящее время Г.С. Молоканов, главными инженерами — Е.М. Добролюбов, Ш.Г. Булия, М.И. Платонов, Х.Я. Асаинов, сейчас — А.П. Бояринцев.

Большой вклад в авторитет стройки и отрасли внесли в последние годы А.Г. Кальченко, А.Т. Анцупов, Н.В. Волокитин, В.А. Бурькин, В.В. Кириенков, В.Л. Сперанский, А.К. Гушина.

**УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
«СИБХИМСТРОЙ»
(г. Красноярск-26, ныне г. Железногорск)**

Наименование «Сибхимстрой» генподрядная строительная организация получила в ходе



Г.С. Молоканов,
генеральный директор АО
«Химстрой» с 1990 г. по
настоящее время

своего развития и разных переименований. Все началось с организации Управления строительства железных рудников для строительства Комбината № 815 в Красноярском крае для наращивания мощностей ядерной промышленности по производству плутония.

Особенностью этого комбината является то, что он со всеми вспомогательными и обслуживающими предприятиями и службами расположен под землей и может работать автономно в изолированном режиме.

По словам ветерана Н.Н. Волгина: «Комбинат поражает какой-то немислимостью того, что все это можно сделать, создать какой-то особый подземный мир. Теперь уже всем известно, что комбинат размещен в горе, которая своей двухсотметровой высотой должна обезопасить производство ядерного топлива — плутония-239 даже в случае, когда на комбинат может быть сброшена ядерная бомба».

Размещение в горе требовало смелых нестандартных решений ученых, проектировщиков и исполнителей. Первый реактор здесь был запущен через восемь лет, параллельно строились гидрометаллургический и радиохимические заводы.

Прежде чем привести краткую хронику становления и развития строительной организации в Красноярске-26, отметим, что 30 июня 1992 г. здесь остановлен первый реактор, 30 сентября 1992 г. — второй. Последний, третий — энергетический реактор работает, обогревая город и подавая горячую воду.

В последние годы занавес над Красноярском-26 приоткрылся. В городе действует музей — выставочный центр, появились книги о его первопроходцах — строителях, изыскателях, проектировщиках.

В городе проживает около 100 тыс. чел. На 1 января 1994 г. в городе было 16 школ, три профтехучилища, театр оперетты, Дом культуры. В 1988 г. было 61 детское дошкольное учреждение, что обеспечивало всех нуждающихся в них. Жилые районы города группируются вокруг городского искусственного озера, образованного плотиной, перекрывшей речку Кантат. По берегам озера раскинулись парк, спортооружения, пляжи, лодочная станция, видовые площадки, вплотную подходят дома.

Город имеет свою освещенную лыжную трассу для зимнего спорта и отдыха, летом она с успехом используется велосипедистами и

легкоатлетами. У города есть прекрасно оборудованные слаломная трасса и лыжный трамплин.

По красоте и комфорту он не уступает Обнинску и Степногорску. Они шли бы на равных, если бы не особенности, которыми обогатила этот город матушка-природа: рядом тайга, вплотную подходят отроги Саян, их Атамановский кряж, чуть в стороне Енисей-батюшка. Город чист и ухожен, в любое время года здесь приятно. Весной он утопает в белом розовом цвете рябин и ранеток, кустарниковом подсаде, а летом — в цветах. Воздух напоен запахом темной (хвойной) тайги.

Первый начальник строительства генерал-майор М.М. Царевский прибыл 15 апреля 1950 г. из Челябинска-40. Чуть позже, в мае прибыл главный инженер А.А. Андреев. Работали они слаженно с первых дней. До этого ряд подготовительных работ (дороги, подъезды, временные базы) вел строительный район № 1 под контролем Главпромстроя МВД и полным ходом выполнялись инженерные изыскания экспедицией ГСПИ-1 (сегодня это ВНИПИЭТ).

В 1950 г. было сформировано пять воинских строительных частей и их управление (УВСЧ). Построены первый, а потом и второй заводы товарного бетона. 23 июня 1950 г. московские метростроевцы взяли первый кубометр скалы.

В августе 1950 г. началась рубка просек по двум будущим улицам города. Благословил на это начальник геодезической службы Управления специализированных железнодорожных работ (УСЖ) Н.П. Козел, забив кол на пересечении осей улиц. В 1951 г. сдали первые 10 969 кв. м жилой площади, открыли две семилетние школы, в 1952 г. ввели 16 975 кв. м жилья. Все дома строились из деревянного бруса (двухэтажные восьмиквартирные). Были развернуты работы по строительству цехов, мастерских, ремонтных служб производственной базы, узкоколеек, открыты свои лесосеки, поставлены пилорамы. Прибывали военные строители, размещались и ширились лагеря заключенных.

В октябре 1950 г. к стройплощадке города подошла подъездная железнодорожная ветка протяженностью 42 км, построенная всего за 6 месяцев специализированной строительной железнодорожной организацией № 505 ГУ ЖДС, силами 842 заключенных.

Основной вид транспорта в те годы был гуже-



А.Г. Андреев,
начальник строительства
в 1953—1957 гг.

вой. Архивные данные говорят, что из Челябинска-40 в Красноярск-26 в марте 1950 г. прибыл транспортный батальон (командир Ф.И. Геливеря) и с ним 50 лошадей с полной сбруей, телегами и санями, а через месяц из-за границы еще 300 лошадей — битюгов. Парк в 1200 лошадей обеспечивал перевозки грузов, а кое-где и рабочих, так как автотранспорта было еще мало. Начальники районов тоже ездили на

лошадях вместо легкового автомобиля.

В первые годы к работе были привлечены многие тысячи заключенных. После амнистии 1953 г. их численность резко сократилась, а в 1964 г. управление ИТЛ в Красноярске-26 полностью прекратило существование. Главную трудовую нагрузку с самого начала несли военные строители. От их слаженной работы зависело практически все. Создавались тылы большой стройки — работали ДОК, УПП, РМЗ и т. д.

В октябре 1953 г. М.М. Царевский, был переведен на другое строительство. Начальником строительства стал командир УВСЧ А.Г. Андреев, до этого с мая 1950 г. работавший главным инженером. Он хорошо знал горные работы по личной практике, так как был начальником участка на Московском метрополитене еще до войны.

Главным инженером строительства стал В.К. Чистяков, имевший опыт работы на строительстве реакторов в Челябинске-40 и в Томске-7.

А.Г. Андреев и В.К. Чистяков работали и жили как родные братья, как друзья. Их объединяли высокое техническое образование, интеллигентность, спокойные уравновешенные характеры. Помнится, как А.Г. Андреев приходил на технические совещания, которые еженедельно по пятницам проводил В.К. Чистяков. До этого их проводил сам А.Г. Андреев. Он всегда находил время приходиться и внимательно слушать: если с чем-то не соглашался,

то просто говорил: «Хорошо, Василий Константинович, предложения мы выслушали, сразу трудно сказать, как быть. Мы с Вами позднее совместно обсудим и примем решение.»

Горные работы велись в эти годы широким фронтом, с высоким уровнем механизации горных и бетонных работ. В большинстве габариты выработок соответствовали тоннелям и станциям метро, но многие выработки имели такие большие размеры, что требовали особых, не встречавшихся ранее в практике инженерных решений и приемов работ. Широко применялись породопогрузочные машины, транспортеры, бетононасосы, узкоколейные электровозы, скиповые погрузчики и пр. Бетон подавался в 2—3 смены с двух бетонных заводов расчетной мощностью 220 тыс. куб. м в год каждый. Комбинат размещен в скале, которая имела разломы, заполненные рыхлыми породами. Разработка скального грунта велась буровзрывным способом с влажным пылеподавлением, обделка — монолитная и редко армированная. В высоких выработках обязательно устанавливались расстрелы — металлические массивные распорки, сдерживающие горное давление. Электрические породопогрузочные машины и экскаваторы грузили основную массу породы в вагонетки, которые электровозами откатывались к шахтным стволам. Временное крепление штолен, стволов, штреков деревянное, однако где требовалось, ставили металлический прокат. Постоянно работал водоотлив и осуществлялась подача воздуха к забоям. Руководили работами опытейшие специалисты-метростроевцы, а рабочие — заключенные и солдаты. Подборка породы за машинами велась вручную, все малогабаритные выработки разрабатывались также вручную.

Строительно-монтажные работы велись в горе традиционными в те времена методами: носилки, тачки, рикши, хоботы — вот весь набор средств. Да и обычные механизмы в горе особенно не применишь. Широко использовались тали, тельферы с монорельсовыми путями, краны-укосины «КП», козловые краны, лебедки, краны собственного изготовления по чертежам проектного отдела стройки. В реакторный корпус ставили по центру башенный кран (собирали из деталей на месте, а потом их вновь разбирали). Имелся опыт подачи бетона самосвалами, с питанием от аккумулято-

ров, но проблема разездов встречных самосвалов сдерживала эту идею.

Опалубка была деревянной, щитовой с изготовлением на ДОК или из отдельных досок. По возможности старались переходить на сборный железобетон, чего бы это ни стоило. Трудной была задача постоянной уборки строительного мусора. Его было много, так как применялась деревянная опалубка, оставалось много упаковочных материалов от оборудования, в гору же были проложены один железно-дорожный въезд и один выезд, стволы же были заняты горняками.

В отделку и строительные конструкции, в железобетонное полотно было уложено 2,3 млн. куб. м бетона.

До начала развертывания основных строительных работ на объектах в «горе» силами проектно-изыскательской конторы, которая входила в структуру управления строительства, разрабатывались проекты производства работ (ППР), которые рассматривались на техническом совете у главного инженера В.К.Чистякова. Было правилом: пока непосредственный руководитель СМР в ранге начальника участка, главного инженера СМУ или ПТО подробно не изучит строительную часть проекта и ППР, к работе он не допускался. В условиях «горы» самодеятельность не допускалась — все предложения должны быть предварительно обсуждены и одобрены.

Надо было ускорять и работы по городу, переводить производственные базы на вольнонаемный состав, расширять базы субподрядчиков, расширять строительные и монтажные работы в «горе», работая параллельно с горняками. В 1954 г. в городе было введено 34,5 тыс. кв. м жилой площади.

В 1956 г. на стройку прибыл отряд молодежи из Московской и Ленинградской областей в количестве 2,5 тыс. чел. А.Г. Андреев встретил отряд в г. Красноярске, сам с ним говорил. Эта «армия» быстро освоилась с работой и условиями жизни, с молодым задором влилась в работающие коллективы.

В 1957 г. был начат монтаж оборудования на горно-химическом комбинате (ГХК). Стало полегче чуть-чуть, но 22 июня 1957 г. в возрасте 57 лет умер А.Г. Андреев. Проститься с ним пришел весь город. Лучшей улице горожане дали имя А.Г. Андреева и установили ему памятник у кинотеатра «Космос».

Особый вклад в развитие и расширение мощности строительной организации и решение главной задачи — вводу объекта внес П.Т. Штефан как начальник строительства в период с июня 1958 г. по май 1987 г.

Имея большой опыт административного руководства строительством на объектах ядерной промышленности (до Красноярска-26 он работал начальником строительства в Новосибирске, Свердловске-45, Челябинске-40), он активно повел коллектив на сокращение сроков строительства, наведение строгого порядка на всех строящихся объектах и производственных базах, на борьбу за экономию и бережливость материалов, а в последующем уделяя особое внимание социально-бытовым условиям всех работающих и солдат в военных городках.

19 августа 1958 г. заработал первый реактор, в 1961 г. — второй, в 1964 г. — третий. Шла упорная работа по строительству комплекса гидрометаллургического и радиохимического заводов со всеми системами воздухообеспечения, технических сбросов. Одновременно в эти годы велось промышленное и жилищно-бытовое строительство в краевом центре, где действовало СМУ-6 с годовым объемом СМР 20 млн руб. и более. Это практически, трест I категории. Были построены химикометаллургический завод (ХМЗ) атомной отрасли, многие объекты Министерства общего машиностроения, завод бытовых холодильников производительностью 500 тыс. шт. в год, проведена реконструкция и расширение завода «Сибэлектросталь», строились объекты сельского хозяйства, реконструировалась и расширялась Красноярская районная ТЭЦ.

Нарастающий объем СМР и требования времени постоянно стимулировали расширение и реконструкцию производственной базы строительной организации, обновление и пополнение строительного-дорожного машин и автотранспорта, подготовку квалифицированных рабочих, обучение ИТР и служащих. Все это проводилось планомерно, в соответствии с перспективной комплексной программой развития, которая выполнялась.

После сдачи основных комплексов ГХК в эксплуатацию в 1963 г. В.К. Чистяков был назначен главным инженером 11-го ГУ.

Управление строительства «Сибхимстрой» как генподрядчик имел на свои объемы подрядных работ все специализированные монта-

жные организации, входящие в состав 11-го ГУ (кроме горных работ, возведения железобетонных высоких труб и, по сложившейся практике, монтаж оборудования крупных котельных вел трест «Востокэнергомонтаж»). Уверенно вели весь монтаж на объектах ГХК трест «Сибхиммонтаж» (Ю.Б. Пази), Монтажно-строительное управление (МСУ) от Новосибирского электромонтажного треста (М.Н. Ворона, Г.В. Шевцов, В.А. Шиленко). Все работы по крупным водоводам и бурению скважин на воду обеспечивало МСУ от треста «Гидромонтаж». В пиковые нагрузки добавляли рабочих из других регионов. Такая кооперация — маневренность, всегда должна быть.

«Сибхимстрой» прошел через государственное задание по строительству стартовых площадок «ГН» как головная организация и успешно с ним справился. Стужа, бездорожье, пыль, работа в две-три смены, палатки и директивные сроки — обычные условия работы тех лет. Но и здесь вольнонаемные — квалифицированный состав специалистов и военные строители — солдаты и сержанты показали свои силы и возможности.

Справились с заданием не только благодаря большому опыту строителей и монтажников и напряженному труду всех, но и благодаря повышенной требовательности исполнения работ в срок.

При строительстве ГХК и объектов оборонных отраслей, так и на «ГН» большую помощь и поддержку строители всегда имели от министра Е.П.Славского. Он часто посещал стройку, вместе с работающими делил горечь трудностей и радости успехов на площадках «ГН».

Производственные мощности строительной индустрии «Сибхимстроя» были созданы (как и на многих других стройках) в период 1960—1965 гг., на базе контор и управлений промышленных производств (предприятий) первоначального периода становления отрасли. Справиться с заданием по «ГН» позволило министерству приостановка практически на два года строительства на основных комбинатах отрасли.

В качестве инженеров или руководителей отделов или СМУ в эти годы активно работали: Г.М.Новоселов, О.Н.Анциперов, П.П.Сак, К.И.Слуцкий, М.Б.Озиранский, А.К.Бульонков, А.И.Москвин, П.А.Константинов, В.М.Игошин, Г.У.Бородавка и др.

По мере сокращения объемов СМР на объектах отрасли и для обеспечения строительства крупнейших комплексов для других отраслей промышленности, а также на общем фоне внедрения в стране совершенно новых методов строительства и проектных решений потребовалась коренная реконструкция базы стройиндустрии и эта работа развернулась после 1970 г.

Уже в 1969 г. Управление строительства «Сибхимстрой» при общем возможном годовом объеме СМР в 61,3 млн. руб. (в сметных ценах 1984 г.) для Минсредмаша СССР выполняло работ лишь на 32,0 млн. руб. (50% своих возможностей), имея 12 188 чел. работающих.

Надвигались работы по Красноярскому заводу автомобильных прицепов, по заводу РТ-2, и выполнение их обеспечили ветераны отрасли П.Т.Штефан и главный инженер В.И.Панус (последний уже из второго или третьего поколения строителей, он начинал свой путь прорабом на объекте 120 ГХК в далеком 1959 г.).

После ухода П.Т.Штефана на пенсию начальником стал В.И.Панус. Период его деятельности характеризуется резким обновлением производственных мощностей стройки, внедрением прогрессивных конструкций и новых архитектурных решений зданий, озабоченностью по ускорению строительства завода РТ-2, развитию мобильности строительной организации в условиях проводимых реформ.

Управление строительства «Сибхимстрой» работало активно на строительстве объектов большой химии в Томске, Зиме, устраняло последствия аварии на Чернобыльской АЭС, строило дома после землетрясения в Армении, вложило большой вклад в строительство краевого центра Красноярска, построило Красноярский завод автоприцепов и др. Мощность «Сибхимстроя» в сметных ценах того времени составляла 120 млн. руб в год. Фактический



В.И. Панус,
начальник «Сибхимстроя»
с 1987 г. по 1993 г.



В.М. Кияев,
генеральный директор
АО «Сибхимстрой»
с 1996 г. по настоящее
время

выпуск продукции за 1994 г. составил: сборный железобетон 120 тыс. куб. м, крупные стеновые панели 85 тыс. кв. м, бетон товарный 75 тыс. куб. м, раствор 30 тыс. куб. м, асфальтобетон 20 тыс. куб. м, пиломатериалы 23 тыс. куб. м, столлярные изделия 53 тыс. кв. м, перегородки 40 тыс. кв. м. В настоящее время имеющиеся мощности промпредприятий используются на 50—

60%. На 1 января 1995 г. численность работников составляла 7300 чел.

После А.Г. Андреева примерами и учителями для всех на этой стройке были В.К. Чистяков, а позднее В.И. Панус.

В.И. Панус — человек с твердым характером, был требовательным начальником. Но эта требовательность сочеталась с уважением к человеку, даже если тот виноват. Он выделялся компетентностью, динамичностью, деловым подходом, в нем всегда чувствовался лидер, он мог повести, увлечь людей.

В 1993—1996 гг. «Сибхимстрой» возглавлял В.П. Боронин, сейчас возглавляет В.М. Кияев. После В.К. Чистякова главными инженерами были А.Г. Чертенко, И.А. Дударов, В.И. Панус, В.П. Боронин, В.М. Кияев, заместителями начальника или главного инженера в разное время были П.Д. Даниловский, В.П. Боронин, Н.В. Фирсов, С.П. Мазуренко, В.К. Машер, Г.М. Кауфман, Р.А. Жуманов, А.И. Москвин, В.И. Панус, А.П. Завгородний, заместителями начальника по войскам были А.Е. Сайданов, Ф.В. Лобазов, С.П. Качан.

В песне о Красноярске-26 есть такие слова:

«Что из того, что тебя нет на карте,
Что из того, что ни строчки о нас не найдешь.
Если страна на космическом старте —
Значит не зря ты, мой город, на свете живешь.»

АНГАРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

В систему Минсредмаша СССР Управление строительства Комбината № 16 МВД СССР

передано 14 марта 1955 г. Это была крупная стройка, с хорошей производственной базой. Со временем менялась структура, росли объемы работ и менялись задачи. Свое наименование Ангарское управление строительства № 16 (АУС-16) строительная организации получила в 1960 г.

Жидкое топливо — вопрос вопросов и сегодня, из-за которого и теперь идут «разборки» на мировом уровне, возникали и возникают войны.

Получить бензин или керосин из бурых углей, сланцев — задача не новая, поэтому немцы — «безнефтяники» этой темой занимались плотно. В СССР в восточных районах, да и за Уралом, нефть тогда еще лежала не разведанной, ждала своей очереди. В годы войны была поставлена задача получить жидкое топливо из Черемховских бурых углей на основе немецкой технологии. В апреле 1945 г. была выбрана площадка для такого химкомбината в устье р. Китой, где она вливается в Красавицу-Ангару.

Седой Байкал, отпустив в далекий путь свою единственную дочь Ангару на встречу с богатырем Енисеем, не стал возражать, что тут, в устье Китоя вырастет город Ангарск и будет стоять Ангарское управление строительства. Таких защитников своей единственной голубоглазой дочери Ангары он постоянно искал и ищет.

Н.Н. Волгин рассказывал: «В апреле 1954 г. состоялся пуск первой очереди комбината. Были пущены цеха по производству водорода, подготовка и сушка угля, а также все вспомогательные производства. В первую очередь было пущено крупнотоннажное производство синтетического метанола, что позволило в 10 раз увеличить его производство в стране. Через год были сданы в эксплуатацию блоки гидрирования угля в жидкую фазу и были получены первые тонны моторного топлива из черемховский углей».

В то же время в Башкирии и Татарстане быстро развивалась добыча нефти и не было экономического смысла из угля добывать жидкое топливо. Завод подлежал реконструкции. На его базе надлежало срочно создать мощности по переработке нефти.

С 1955 г. началось усиленное развитие строительной организации, так как кроме нефтехимкомбината надо было построить объект



С.Н. Бурдаков,
генерал-лейтенант
инженерной службы,
первый начальник АУС-16
в 1948—1955 гг.

Минсредмаша СССР. В 1957 г. комбинат уже полностью перешел на переработку нефти, а газ от переработки бурых углей пошел на производство метанола и аммиака.

В Ангарске создавался электрохимический Комбинат № 820 Минсредмаша СССР. В 1955 г. начато строительство, а в феврале 1965 г. введены заводы Д и С. Это было продолжением наращивания мощностей по изучению обогащенного урана-235 диффузионным методом.

Объемы строительных работ по этому комбинату: земляные работы 4,2 млн. куб. м, сборный железобетон 118,5 тыс. куб. м, монолитный бетон и железобетон 576 тыс. куб. м, кирпичная кладка 639,7 тыс. куб. м.

Вот еще некоторые цифры и немного статистики. В 1969 г. объем по генподряду у этой стройки составил 128,6 млн. руб., в том числе для других министерств и ведомств 81,6 млн. руб. Объем работ, выполненных собственными силами, 93,3 млн. руб. Численность работающих в 1969 г. составляла 22 381 чел.

Ангарское управление строительства было строительным форт-постом отрасли на Востоке страны и сейчас им остается.



Ангарск, площадь им. Ленина



Ангарский цементно-горный комбинат

Начальниками АУС-16 были: генерал-лейтенант С.Н. Бурдаков (1948 г. — 10.11.55 г.), майор, позднее генерал-майор Р.С. Зурабов (10.11.55 г. — 19.12.61 г.), полковник С.Н. Алешин (19.12.61 г. — 03.01.75 г.), до назначения начальником он работал в должностях заместителя главного инженера (25.03.52 г. — 09.11.55 г.), главного инженера (10.11.53 г. — 19.12.61 г.). Инженерную службу кроме С.Н. Алешина несли Ю.А. Корневский, Е.И. Пироженко, А.Е. Попов, В.Т. Шеянов.

Ангарск в настоящее время насчитывает более 150 тыс. жителей. Сегодня на строительстве работают молодые рабочие, ИТР и служащие — уроженцы города.

Силами АУС-16 построены город Байкальск с Байкальским целлюлозно-бумажным комбинатом, крупные ТЭЦ-1, ТЭЦ-9, ТЭЦ-10.

Кроме указанных объектов построен завод химреактивов, лучшее с точки зрения охраны окружающей среды цементное производство.

В Минсредмаше эту стройку вело 10-е ГУ. Начальниками Главка были Н.Н. Волгин, потом И.Е. Дерябин. Часто бывал на стройке заместитель министра по строительству П.К. Георгиевский.

И.Е. Дерябин вложил много энергии и труда в строительство в Ангарске (объемы работ не падали, а задачи усложнялись из года в год) и химических производств в г. Зиме, где в 1968—1984 гг. был трест-площадка «Зимахимстрой» как структурное подразделение АУС-16.

Герой Социалистического Труда П.К. Георгиевский, один из участников создания первой ядерной бомбы, имел огромный авторитет как



Н.В. Фирсов,
начальник АУС-16
в 1975—1979 гг.



Ю.И. Авдеев,
начальник АУС-16
в 1984—1993 гг.



В. Л. Середкин,
генеральный директор
СПАО «АУС» с 1993 г.
по настоящее время

крупный специалист-монтажник и организатор. Весь объем работ, особенно монтажных, в Ангарске был огромен. Естественно он уделял объектам химии постоянное внимание, часто бывал на стройке, защищал (сколько мог) строителей от непомерных объемов работ и нереальных директивных сроков ввода производственных мощностей в Госплане СССР, а также в высших инстанциях. Его имя знали не только на наших министерских стройках.

В последние годы на Ангарском электролизном комбинате произведена реконструкция газодиффузионного производства обогащенного урана-235 с переходом на газоцентрифужную технологию.

После С.Н. Алешина начальниками АУС-16 были Н.В. Фирсов, А.В. Пичугин, Ю.И. Авдеев, сейчас генеральный директор СПАО «АУС» В.Л. Середкин.

Главными инженерами были С.Б. Силин, В.Л. Середкин, В.В. Копытько, в настоящее время В.И. Маценко.

Производственная база АУС-16 включает в себя: четыре завода по выпуску сборного железобетона в объеме 250 тыс. куб. м в год завод КПД на 120 тыс. кв. м в год жилья, кирпичный завод мощностью 25 млн. шт. кирпича в год, ДОК на 70 тыс. куб. м пиломатериалов и 80 тыс. кв. м столярных изделий в год, предприятие нерудных материалов по переработке 400 тыс. куб. м в год, производство минеральной ваты, РМЗ и многое другое, в том числе вычислительный центр, широкую инфраструктуру. Профилакторий на 290 мест для строителей и членов их семей — гордость АУС-16 (здесь лечебные кабинеты, плавательный бассейн, залы отдыха, столовая, сауна). Численность работающих на 01.10.94 г. составляла 9424 чел.

Динамичность, компетентность, ответственность перед заказчиком для этого славного трудового коллектива не просто слова, это обязательные условия его деятельности.

По работе АУС-16 (сегодня СПАО «АУС»), качеству строительства можно судить о большинстве строительных организаций строительной подотрасли Минатома России.

УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА «СИБАКАДЕМСТРОЙ» (г. Новосибирск)

Для строительства объектов атомной промышленности в Новосибирске в октябре 1948 г. было создано Управление строительства № 53 Главпромстроя МВД. Строился Новосибирский завод химконцентратов и приборный завод (ПО «Север»).

Основной рабочей силой на строительстве № 53 были военные строители и заключенные (80—90% общей численности работающих). Начальниками строительства были С.И. Погарский (октябрь 1948 г. — апрель 1949 г.), Г.Д. Соколов (июнь 1949 г. — июль 1950 г.), П.Т. Штефан (июнь 1950 г. — ноябрь 1952 г.), Н.С. Кучин (декабрь 1952 — декабрь 1960 г.), И.Ф. Ткачев (декабрь 1960 г. — январь 1963 г.), главными инженерами — Г.М. Кузовлев, И.Ф. Ткачев, Н.А. Захаров.

В книге «Записки строителя» А.Н. Комаровский пишет, что в сентябре 1958 г. он сопровождал члена Президиума ЦК КПСС



Г.Д. Лыков,
Герой Социалистического
Труда, участник ликви-
дации последствий аварии
на Чернобыльской АЭС,
начальник, а с 1974 г.
по настоящее время
генеральный директор
СПАО «Сибкадемстрой»



В.И. Абраменко,
главный инженер,
технический директор
«Сибкадемстроя»
в 1974—1995 гг.

11%). В 1969 г. в «Сибкадемстрой» работало 10 093 чел. Им был освоен объем СМР в размере 42,7 млн. руб. в ценах 1964 г., в том числе собственными силами 34,1 млн. руб.

Строительство в 1969 г. могло выдать в год сборного железобетона 180 тыс. куб. м, стальной изделий 100 тыс. кв.м, товарного бетона 460 тыс. куб. м, раствора 100 тыс. куб. м, песка и гравийно-песчаной смеси 300 тыс. куб. м.

В 1957—1961 гг. к строительству СО АН СССР привлекались 22 субподрядные организации, в том числе пять Управлений строительства Минсредмаша СССР.

1 очередь строительства СО АН СССР была принята 21 августа 1964 г. Это 16 НИИ, Университет, вычислительный центр в комплексе с жильем и соцкультбытом. На строительстве с самого начала внедрялись новая техника, новые материалы, новые приемы и методы работ. Ясно, что это было не рядовое строительство и здесь требовалось сосредоточить передовой опыт и обеспечить выполнение новаторских предложений проектировщиков, ученых.

Управление строительства «Академстрой» построило много уникальных зданий и в областном центре, например, Новосибирский электротехнический институт (28 тыс. кв. м), научно-техническая библиотека на 5 млн. томов, Дом ученых со зрительным залом на 1000 мест, плавательный бассейн «Нептун», стадион «Сибирь» с искусственным льдом на 12 тыс. мест, шесть водозаборов на р. Оби, курорт «Белокуриха».

Управление строительства «Сибкадемстрой» было лидером по внедрению передового опыта и помогало ему в этом СО АН СССР, которое само отрабатывало теоретические, научные предложения через практику и опыт.

Тематический план внедрения научных разработок в строительство по Управлению «Сибкадемстрой» на 12-ю пятилетку (приказ № 197/27 от 03.03.86 г.) рельефно показывает широту прикладного характера намечаемых к внедрению в строительное дело новшеств, широту связей с научными учреждениями и КБ. Управление возвело объекты НИИ микробиологии, СО ВАСХНИЛ, отделение Медакадемии, построило стартовые комплексы.

Однако наступили перестроечные времена. Со временем «Сибкадемстрой» провел реконструкцию бетонорастворных заводов, создал производство керамзита, расширил завод круп-

Ф.Р. Козлова по ряду строек Сибири. Они посетили строительство Сибирского отделения Академии наук СССР, которое вел трест Новосибирскгэсстрой-2, и увидели, что состояние строительства неудовлетворительное.

Правительством было принято решение это строительство передать Минсредмашу СССР.

Для разворота работ 10-е ГУ Минсредмаша СССР применило «экспедиционный» метод строительства, поручив отдельные объекты (институты) пяти стройкам с опорой на свои производственные базы с комплексной ответственностью за их строительство, вплоть до сдачи. Общая координация замыкалась на Управлении строительства «Сибкадемстрой». Такая схема, используя соревновательность трудовых коллективов, позволила резко поднять объемы работ. Через 2—3 года была создана первоочередная база строительства, все «экспедиционные» подразделения в полном составе были влиты в Управление строительства п/я III. 1 января 1963 г. строительные организации Минсредмаша СССР п/я III и п/я 53 были объединены и общее Управление строительства сохранило наименование «Сибкадемстрой».

По мере создания собственной производственной базы расширялось наличие вольнонаемных рабочих и к 1967 г. число их составило 75% работающих (ВСО 14%, заключенные

нопанельного домостроения, освоил выпуск объемных санкабин и большеразмерных перегородок, создал современный ремонтно-механический завод, все переделы в управлении технологической комплектации, готовился справиться с жилищной проблемой на период 1990—2005 гг. Сейчас мощности управления используются на 40—50%, а потому отказались от услуг ВСО и заключенных, ограничили прием новых рабочих. Работы ведутся не по полной рабочей неделе и, в основном, в одну смену. Управление старается сохранить квалифицированных рабочих основных профессий.

Особый вклад в становление и развитие «Сибкадемстроя» принадлежит начальникам: генерал-майору Н.М. Иванову (с марта 1960 г. по август 1974 г.) и Г.Д. Лыкову.

Главными инженерами «Сибкадемстроя» были А.М. Вексман, В.И. Абраменко, заместителями начальника или главного инженера — ведущие специалисты В.А. Марков, Я.И. Денисов, Б.И. Корепанов, Я.Г. Лебедев.

УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА № 604 (г. Красноярск-45, ныне г. Зеленогорск)

Красноярский электрохимический завод ядерной промышленности строился согласно Постановлению Совета Министров СССР от 15 декабря 1955 г. в первую очередь для получения обогащенного урана по диффузионной технологии.

К тому времени уже был десятилетний опыт строительства таких объектов, технология основного производства была отработана.

На новую строительную площадку в декабре 1955 г. прибыли инженер-полковник К.Н. Полосков и инженер-подполковник Ф.А. Крупович (тот самый, что обеспечивал строительство подъездных железнодорожных путей и автодорог в Челябинске-10). С ними прибыл эшелон с ротой солдат-строителей, шпалами, рельсами, крепежом, механизмами, инструментом и т. д. из Мелекеса, где тогда временно строительство было приостановлено. Начали создавать базу, жилье, строить подъездную железную дорогу. Все происходило, как и у всех строителей на новом месте, лишь деревень вокруг было больше, легче было расселиться.

В своих записках Ф.А. Крупович подробно описывает первые дни, месяцы и годы, стужу,

непролазную грязь и соседство тайги. Очень похоже на то, что было в Челябинске-40. Но время было уже другое, были экскаваторы, автотранспорт. По соседству были набравший силу Красноярск-26 и уже крепкий Ангарск.

К июлю 1956 г. вошла в строй до станции «Партизанское», железнодорожная ветка от Транссибирской железной дороги и потянулась дальше к будущему заводу и будущей ТЭЦ. Первые деревянные дома были из бруса, многие из них стоят и сейчас. При хорошем за ними уходе они простоят еще сотню лет. В мае 1958 г. введен первый 32-квартирный четырехэтажный крупноблочный дом. 21 марта 1958 г. началось строительство ТЭЦ. Автотранспортом, механизмами, сборным железобетоном, сборными домами, укомплектованными ИТР и квалифицированными рабочими, ремонтом строительной техники — всем, чем могли (и даже отрывая от себя необходимое) этой стройке помогали старые ветераны П.Т. Штефан (Красноярск-26), Р.С. Зурабов (Ангарск). Корпус № 1 электромеханического завода был введен в 1964 г. Электроснабжение осуществлялось благодаря ЛЭП-110, которую в 1959 г. красноярцы подвели от себя через тайгу, используя вертолеты для транспортировки сборных железобетонных фундаментов и металлических опор.

Поэтому город (с полной инфраструктурой) и завод строились комплексно. Теперь Зеленогорск — один из красивейших городов Минатома России, раскинувшийся на левом берегу р. Кан, а на правом берегу — тайга и еще раз тайга.

Хорошие деловые отношения сложились в те годы у строителей с заказчиком. Постоянную практическую помощь строителям оказывал директор электрохимического завода А.С. Александров, а затем И.Н. Бортников.

В первые десять лет начальниками стройки были К.Н. Полосков (декабрь 1955 г. — январь 1961 г.), А.В. Курганов (1961—1963 гг.), А.В. Пичугин (1963—



К.Н. Полосков,
начальник строительства
с декабря 1955 г.
по январь 1961 г.



Город Зеленогорск, кинотеатр «Родина»



Красноярск-45, ул. Гагарина

1966 гг.); главными инженерами — Ф. А. Крупович (14.12.55 г. — 31.03.60 г.), А. В. Пичугин (1960—1963 гг.).

Уже в период строительства I очереди завода стройка имела комплексную производственную базу на объем СМР до 25 млн. руб. в год по генподряду. Однако развитие базы продолжалось. Краевые организации старались использовать строителей для решения проблем региона. В 1969 г. стройка обеспечила объем СМР в 33,2 млн. руб., численность работающих достигла 5199 чел., в том числе в строительстве и подсобно-промышленном производстве было занято 3105 чел. На 1 января 1970 г. были введены две средние школы, ПТУ, учебный комбинат, музыкальная школа, 20 детских садов-ясель, две поликлиники на 1000 посещений, комплексная больница, кинотеатр на 600 мест.



Из жизни города. 10 марта 1985 г. Встреча шахматистов с чемпионом мира А. Карповым. Первый ряд (слева направо): Е. В. Рыгалов, С. А. Козлов, в центре А. Карпов, рядом секретарь горкома КПСС Э. А. Серебряный и другие участники встречи



Е. В. Рыгалов, один из первопроходцев-строителей отрасли, генеральный директор СПАО «УС-604»

По мере высвобождения строителей с основного строящегося объекта — электрохимического завода и ТЭЦ — началось строительство таких крупных комплексов как Ирша-Бородинский угольный разрез (с г. Бородино) и завод «Сиволокно», строительство в соседних городах Канске, Заозерном, Уяре, Бородино, на селе.

В 1983 г. Управление строительства

№ 604 вышло на годовой объем 65,6 млн. руб. СМР по генподряду и 42,8 млн. руб. собственными силами. Оно активно вело строительство предприятий стройматериалов в гг. Чуне и Вихаревке для 13-го ГУ, ввело свой крупный Филимоновский карьер, создало теплые стоянки для автотранспорта, кранов на автоходу, перешло на новые железобетонные конструкции (балки и фермы больших пролетов).

В настоящее время СПАО «Управление строительства № 604» («УС-604») имеет восемь СМУ, завод ЖБИ-1, ДОК, УПТК, УЭС, управление автомобильного транспорта, УЖДТ, домостроительный завод (крупноблочное строительство) мощностью 57 тыс. кв. м общей площади жилых домов, базу механизации, гидромеханизированный завод (ГМЗ) по до-

быче мытых фракционированных заполнителей для бетонов и растворов. Имеет свой ремонтно-механический завод.

В условиях рыночных отношений и нестабильности основной кадровый состав сохранен.

Начальниками строительства после 1966 г. были В.П.Трепалин (20.02.66 г. — 19.05.70 г.), Н.В. Фирсов (19.05.70 г. — 22.01.75 г.), с января 1975 г. Управление строительства № 604 возглавляет генерал-майор (в отставке) Е.В. Рыгалов. На строительстве от начал работать начальником СМУ, затем в течение 9 лет был главным инженером строительства. Он был первым начальником Управления строительства № 605 в Чернобыле по ликвидации последствий катастрофы. Управление под его руководством принимало активное участие в восстановлении разрушенного после землетрясения в Армении в 1988 г.

Было 20 лет инженерно-техническую работу выполняет Е.В. Шарапов.

Активно работают сегодня А.С. Еноткин, Л. Д. Тюкалов, В.П. Горенский, Е.М. Корчагин.

СТЕПНОГОРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (г. Степногорск)

В Казахстане, в двухстах километрах южнее г. Акмолы, почти на границе с Кокчетавской областью, находится город Степногорск. Он совсем еще юный, в 1994 г. отметил 30-летие со дня своего основания.

Сегодня это город, где развиты химическая, микробиологическая, машиностроительная и пищевая промышленности, энергетика, строительная индустрия. Рождение его связано с освоением группы крупных месторождений бедных урановых, урано-молибденовых и урано-фосфорных руд Северного Казахстана.

Управление строительства № 730 — первая строительная организация, образованная непосредственно на стройплощадке — создано 1 января 1958 г. на базе существующих подразделений Управления строительства № 612, дислоцированного в г. Усть-Каменогорске. Строительные участки этого управления, размещенные в городах Атбасаре, Макинске, Балкашине, Маныбае, уже вели работы по сооружению Целинного горно-химического комбината и обслуживались военно-строительными отрядами № 933, 934, 998,

Для ускорения строительства комбината и быстрого усвоения месторождения подразделения Управления строительства № 612 были переданы во вновь созданное Управление строительства, которое в дальнейшем получило название Степногорское управление строительства.

Первым директором Целинного горно-химического комбината (с 1956 г. по 1975 г.) был Герой Социалистического Труда С.А. Смирнов (теперь советник президента Российского концерна «Атомредметзолото»).

Климат района резкоконтинентальный, с коротким и жарким летом, продолжительной морозной и ветреной зимой. Ландшафт местности — бескрайняя степь, оживляемая редкими холмами и небольшими оазисами лесных массивов.

Для этих мест характерны знойное лето с ураганскими ветрами и пыльными бурями, крепкие морозы зимой и почти полное отсутствие пресной воды.

Неосвоенность района строительства, тяжелые климатические условия, трудности предстоящей работы требовали принятия неординарных мер. В первые годы вольнонаемный состав работающих был мал: инженеры, техники, служащие, высококвалифицированные рабочие (больше механизаторы). Основная рабочая сила — военные строители и заключенные.

На примере только одного Степногорского управления строительства можно показать, как развивалась и как была создана строительная индустрия Минсредмаша СССР. На примере одного Степногорска просматриваются эти удивительные истории закрытых и открытых городов, которые ставят в тупик впервые попавшего в них человека. Истории создания комбинатов и заводов, строительства городов и научных центров ядерной промышленности, как в зеркале отражены в истории создания Целинного горно-химического комбината, а слова: «Наш комбинат — наша гордость!» — не просто слова, а дела многолетней творческой деятельности трудового коллектива.

Некоторые этапы строительства:

1957 г. — на площадке рудоуправления № 1 начато строительство объектов жилья и соцкультбыта;

1958 г. — построены первые щитовые дома в поселке строителей, подстанция на 1350 кВт, школа на 280 учащихся, детсад на 50 мест, ба-



Площадь общественного центра г. Степногорска



Не все время работать, можно и чай попить.
Крайний слева начальник строительства в 1973—1978 гг.
Н.П. Иконников, далее В.А. Белявский, Ф.А. Ермаков

ня, хлебопекарня, больница на 200 коек, 18 км водопровода;

1959 г. — приступили к строительству постоянных объектов блочной стройиндустрии, началось строительство железной, дороги от станции Ерментау до промплощадки, которая должна обеспечить в дальнейшем выход на железнодорожную сеть страны;

1960 г. — начаты работы по проектированию города Московским институтом «Горстройпроект» Госстроя СССР, затем его проектирование было передано Новосибирскому отделению ВНИПИЭТ.

В 1962 г. были заложены первые панельные дома (поставка из Ангарска). В 1964 г. ввод жилья уже составил 31 562 кв. м. Жилье с самого начала строилось комплексно.

В 1964 г. были введены в эксплуатацию детсад на 135 мест, школа на 964 учащихся, кафе, комбинат бытового обслуживания, кинотеатр, баня на 100 мест. В этом же году был введен завод крупнопанельного домостроения, начали также строиться 9- и 12-этажные дома из кирпича.

С 1963 г. начато освоение площадки под ТЭЦ, а через три года были запущены в действие два котла и турбина. Заказчик в лице дирекции комбината, строители и монтажники сумели сплотиться в выполнении задач, которые для них стали общими.

Объем СМР за 1969 г.: генподряд — 42,48 млн. рублей, собственным силам — 30,7 млн. руб., силами 12-го ГУ (Главмонтаж) — 11,8 млн. руб.

Из общего объема СМР для Минсредмаша СССР 36, 83 млн. руб. по заказу сельского хозяйства выполнено работ в объеме 3,53 млн. руб., Селетинский групповой водопровод и система орошения на 4,8 млн. руб.

Среднесписочная численность работающих строителей (без монтажников) составила 7839 чел.

К 1 января 1970 г. введено 296, 8 тыс. кв. м жилой площади, в том числе в 1969 г. — 38,3 тыс. кв. м.

Следует отметить, что с самого начала создания строительной организации руководство Казахской ССР просило помочь развернуть работы на селе, поднять эту богатейшую скотоводческую степь. Поэтому уже в 1964—1969 гг. были введены: коровники на 3400 голов, птичники на 17 000 голов, телятники на 1400 голов, добротные кошары на 8000 голов, создавались системы водоснабжения и орошения, строилось жилье и соцкультбыт для села.

Одновременно с городом строились про-



Степногорск, композиция «Старый замок»



Г.Е. Усанов,
начальник строительства
в 1983—1996 гг.

мышленные объекты. Все они вынесены за черту города, с учетом розы ветров, на расстоянии 4—18 км. В 1963 г. город и промышленная площадка были соединены автомобильной и железной дорогами.

В 1969 г. сдана в эксплуатацию I очередь гидрометаллургического завода, а через год — II очередь. В 1965 г. было закончено строительство гидроузла на р. Селете с водохранилищем объемом 250 млн. куб. м, насосными станциями, водозабором, очистными сооружениями, водоводом диаметром 900 мм протяженностью 55 км (с учетом групповых водоводов 103,4 км). Город и промобъекты получили надежный источник водоснабжения, получили воду и многие целинные хозяйства.

В 1975 г. была введена в действие I очередь 16-го Государственного подшипникового завода Минавтопрома СССР (ГПЗ-16), одновременно строились и сдавались в эксплуатацию крупные мощности по производству биопрепаратов на заводе «Прогресс».

Кто же руководил Степногорским управ-



Август 1983 г. В связи с 25-летним юбилеем стройки ветеран строительных организаций Минсредмаша СССР В.А. Белявский вручает приветственный адрес начальнику Степногорского управления строительства В.И. Тузову



Степногорск, комплекс зданий: дворец культуры, библиотека, гостиница

лением строительства? Его начальниками были: Г.А. Погосов (декабрь 1957 г. — февраль 1960 г.), В.И. Зайцев (февраль 1960 г. — сентябрь 1962 г.), В.А. Белявский (сентябрь 1962 г. — май 1973 г.), Н.П. Иконников (май 1973 г. — октябрь 1978 г.), Г.Т. Бабаев (октябрь 1978 г. — август 1979 г.), В.И. Тузов (август 1979 г. — август 1983 г.), Г.Е. Усанов (с августа 1983 г. по настоящее время). Главные инженеры строительства — А.К. Мазин (август 1958 г. — март 1960 г.), А.П. Верейкин (март 1960 г. — апрель 1962 г.), В.А. Белявский (апрель 1962 г. — сентябрь 1962 г.), Н.П. Иконников (сентябрь 1962 г. — май 1973 г.), А.А. Курганов, Г.Т. Бабаев, В.И. Лебедев, Г.Е. Усанов.

Строители широко использовали местные строительные материалы, прежде всего богатую цветовую гамму камня при облицовке цоколей зданий, фасадов, подпорных стенок, для устройства мозаичных панно. С каждым годом облик города принимал все более неповторимый, только ему присущий вид.

В 1986 г. вступил в строй новый домостроительный комбинат мощностью 80 тыс. кв. м жилья в год, улучшенной планировки, серии 111-97. Укреплялись производственные базы монтажных и электромонтажных организаций. Особое внимание было обращено на санитарно-бытовые помещения во всех организациях. Стройка сама стала помогать другим стройкам сборным железобетоном, конструкциями крупнопанельных домов. К городу потянулись заказчики, а с ними и возросли объемы СМР.

Затем наступили не лучшие перемены. Переход к рыночным отношениям связан с многими трудностями. Промышленные предприятия города и сельскохозяйственные комплексы тяжело переживают сложившееся положение. Стройка работает вполсилы своих возможностей, а порой и того хуже.

КИРОВО-ЧЕПЕЦКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (г. Кирово-Чепецк)

Строительная организация в г. Кирово-Чепецке организована в сентябре 1946 г. для расширения и реконструкции Завода № 752 Минхимпрома СССР. С конца мая 1956 г. сюда передислоцировано из г. Глазова Управление строительства № 384 МВД.

Город стоит на левом высоком берегу р. Вятки, где она сливается с р. Чепцой. Раньше здесь находилось древнее поселение Никольский погост, потом село Усть-Чепца.

Открытие больших запасов торфа способствовало строительству в 30-х годах ТЭЦ, которая 6 октября 1942 г. дала первый промышленный ток в гг. Киров, Слободской и др. 28 марта 1955 г. рабочий поселок был преобразован в город Кирово-Чепецк.

Действующий в городе химический завод в 1958 г. был передан из Минхимпрома в систему Минсредмаша. Вначале на заводе получали соединения фтора — основного продукта, без которого нельзя получить обогащенный уран-235. В дальнейшем потребовались реконструкция и модернизация завода с расширением номенклатуры выпускаемой продукции, а также создание современного жилья с полной инфраструктурой.

Значительным толчком для ускорения развития города явилось решение о строительстве крупнейшего Кирово-Чепецкого завода минеральных удобрений (многоотное производство аммиака, слабой азотной кислоты, нитроаммофоса и других производств) по новейшей технологии. В конце 70-х — начале 80-х годов основные мощности Кирово-Чепецкого завода минеральных удобрений (завод Минсредмаша) выдали продукцию.

Одновременно строился город. Застройка города микрорайонами с применением для отдельных зданий индивидуальных проектов обеспечила городу оригинальность. Здесь не было своего завода крупнопанельного домостроения, многие здания выполнены из кирпича с использованием облицовочной плитки и камня.

К архитектурным и отделочным работам привлекались художники областного центра, Ленинградского художественного фонда. Украсением города являются реки Вятка и Чепца, культурные и спортивные центры. В горо-



В.Е. Булат,
начальник строительства
в 1980—1983 гг.
(1928—1995)



Жилые дома в г. Кирово-Чепецке, ул. Сосновая

де построены дом культуры «Дружба», гостиница «Двуречье», плавательный бассейн в спортклубе «Олимпия», школа искусств, дворец культуры строителей «Янтарь» и другие замечательные сооружения.

Кирово-Чепецк — город большого спорта. Он дал многих известных спортсменов, спорт здесь носит массовый характер.

Город широко открыт для экскурсантов. Он расположен всего в 40 км от областного центра и здесь есть на что посмотреть.

Кирово-Чепецкое управление строительства имеет хорошую производственную базу, ремонтные службы, теплые гаражи для автотранспорта и строительных машин. Имеется деревообрабатывающее хозяйство, керамзитовый завод, построено свое крупноблочное производство жилых домов (расчетная мощность 57 тыс. кв. м общей площади в пяти-девятиэтажном исполнении). В 1990 г. оно вышло на объем 90 млн. руб. СМР (в сметных ценах 1991 г.) и практически закрыло жилищную проблему города.

Распад СССР, спад производства в стране, резкое падение инвестиций практически приостановили промышленное строительство (например, по Кирово-Чепецкому управлению в 1994 г. промстроительство составило лишь 7% фактического выполнения 1990 г.). Прекратилось строительство на селе, неплатежи за выполненные по договорам работы и услуги стали системой.

Особенно тяжело переживает спад база сройиндустрии. Переход на односменную работу — не выход из положения. Управление сохранило основной квалифицированный со-



А.Р. Верба,
начальник строительства,
генеральный директор
СПАО «Кирово-Чепецкое
управление строительства»
с 1983 г. по настоящее
время



В.А. Вишневский,
главный инженер строи-
тельства, заместитель
генерального директора
СПАО «Кирово-Чепецкое
управление строительства»
с 1984 г. по настоящее
время

став работающих, передерживает вспомогательное производство, осваивает нетрадиционные виды работ и новые производства, работая на 40% имеющихся мощностей (отказалось полностью от заключенных и отказывается от военных строителей).

Внимание руководителей сосредоточено на поддержании ранее установившихся трудовых традиций, на смягчении социальной напряженности, на стабилизации работы коллектива в сложившихся тяжелых кризисных условиях.

Начальниками строительной организации г. Кирово-Чепецке были Д. И. Лисица, В. И. Канахистов, Н. Ф. Кириллов, А. П. Трегубов, С. Б. Кашигин, Н. А. Бабенко, В. Е. Булат, в настоящее время ее возглавляет А. Р. Верба, прошедший все ступени становления руководителя в одной отрасли — в системе Минатома России; главными инженерами были А. М. Адлер, Н. М. Краснюк, И. В. Филевский, С. Б. Кашигин, Е. А. Векшин, теперь — ветеран отрасли В. А. Вишневский.

СЕВЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (г. Сосновый Бор)

По постановлению Правительства от 29 ноября 1966 г. Минмонтажспецстрой СССР передал Минсредмашу СССР строительную площадку и строительную организацию в пос. Сосновый Бор для строительства Ленинградской АЭС. На этой площадке было начато строительство НИТИ отрасли, научно-производст-

венной базы Государственного оптического института (ГОИ). До этого там имелся небольшой завод металлоконструкций, существовал жилой поселок и производственная база строительной организации мощностью на уровне треста IV категории (примерно 7 млн. руб. СМР в год).

Начальником Северного управления строительства 6 марта 1967 г. был назначен инженер-полковник, ветеран-строитель отрасли В.Н. Латий, ранее бывший главным инженером стройки в Челябинске-40 (1958—1961 гг.), начальником стройки в Свердловске-44 (1961—1966 гг.).

В марте из Красноярска-26 на строительство ЛАЭС приехали три бывших заместителя главного инженера управления строительства А.И. Москвин, К.И. Слуцкий, Р.А. Жуманов. А.И. Москвин стал заместителем главного инженера, одновременно начальником монтажного отдела; К.И. Слуцкий, — заместитель главного инженера по механизации работ, одновременно главным механиком строительства; Р.А. Жуманов — заместителем главного инженера по инженерно-техническим вопросам, одновременно начальником технического отдела. Ранее, 30 ноября 1966 на стройку приехал заместителем главного инженера Г.И. Шурьгин из Томска-7. Начальником УВСЧ был назначен полковник В.М. Волков (27 марта 1967 г.). Главным инженером Северного управления строительства 6 июля 1967 г. был назначен бывший заместитель главного инженера «Сибкакадемстрой» Б.П. Суханов.

Основной рабочей силой стали военные строители (от заключенных отквалились). Срочно были построены постоянный и палаточный городки для размещения военных строителей.

Инженерный состав на ЛАЭС собран был в основном со строек Урала и Сибири. Коллектив создавался трудно, у всех свои местные традиции — долго притирались друг к другу. Начальник стройки был далеко не дипломат. Главный инженер Б.П. Суханов, накопивший большой опыт работы в Челябинске-40, Новосибирске, был высокограмотным инженером-практиком, новатором, любил порядок и последовательность во всем, но был весьма вспыльчив.

Производственная база была слабой, многие ИТР и линейный командный состав жили в г. Ломоносове или где-то в регионе, а то и в Ленинграде. Принимались срочные меры по

расширению городка ВСО, производственной базы, складского хозяйства, усилению жилищного строительства, пополнению строительной техникой, реконструкции автотранспортного хозяйства и ремонтных служб, проектированию базы стройиндустрии на резко возрастающие объемы работ.

Надо было ставить на рельсы с перспективой всю социально-бытовую сферу (а то и бани путной не было). Институт «Оргстройпроект» проектировал быстро, но время требовало еще быстрее все строить. Были собраны опытные, трудолюбивые проектировщики управлений строительства и местные силы, обладающие опытом и инженерной интуицией: Н.И. Кирюшина, Н.А. Кузнецова, А.П. Антонова, Э.А. Скоб, В.Н. Кузнецов, В.Т. Зыкина, А. Рубилов и др. Оперативно решая проектные вопросы, корректировку рабочих чертежей института к изменившимся условиям, они приближали начало основных работ на ЛАЭС, укрепляли тылы большой стройки.

Управление строительства в первые годы размещалось в бараке около автобазы, а заказчик в палатке напротив УПП, рядом с конторой СМУ-3, которое вело работы на НИТИ.

И. И. Семькин и В. М. Багрянский, непосредственно возглавившие строительство I и II очередей ЛАЭС, прибыли на стройку из Томска-7 в марте-апреле 1968 г., обладая опытом строительства реакторов Сибирской АЭС. Директором строящейся АЭС был В.П. Муравьев — ветеран ядерной промышленности, бывший начальник объекта из Красноярска-26. В итоге был сформирован сильный, квалифицированный коллектив строителей, монтажников, эксплуатационников.

В 1969 г. стройка вышла на объем 33,6 млн. руб., в том числе 28,9 млн. руб. по объектам отрасли, было введено 31,8 тыс. кв. м жилья.

Выработка на работающего составляла 5254 руб. и была самой низкой среди строек 10-го ГУ.

Жилищное строительство на площадке вели вахтовым (экспедиционным) способом. Многие строительные подразделения жили около строящихся домов в палатках до ввода объекта в эксплуатацию. В мае 1968 г. начали копать котлован в кембрийских синеватых глинах под главным корпус, летом развернули работы по фундаментной плите. Нарастив темпы и переходя на двух-трехсменную работу, 24 декабря 1973 г. ввели блок № I с реактором РБМК

и одной турбиной 500 МВт. Уже 27 ноября 1974 г. блок № 1 достиг номинального уровня мощности, имея в последующем электрическую нагрузку 1000 МВт.

Блок № 2 подключен к сети 11 июля 1975 г. и достиг номинального уровня мощности 1 февраля 1976 г.

Блок № 3 подключен к сети 7 декабря 1979 г. и достиг номинального уровня мощности 29 июля 1980 г.

Блок № 4 подключен к сети 9 февраля 1981 г., а номинальный уровень был обеспечен 29 августа 1981. Все блоки с реакторами РБМК.

Каждый новый агрегат вступал в действие быстрее предыдущего. Сказывался накопленный опыт строителей, монтажников, эксплуатационников, активно применялись передовые формы организации труда и производства. Блок № 1 строился 6 лет, блок № 2 — 4 года и 10 мес., блок № 3 введен в действие еще на 8,5 мес. быстрее.

Город Сосновый Бор на берегу Финского залива — один из лучших новых городов. Еще до ввода 1 очереди ЛАЭС город за комплексную оригинальную поквартальную (микрорайонную) застройку с умелым применением типовых проектов жилых домов, с объединением их через кирпичные индивидуальные вставки при максимальной сохранности леса и рельефа, за оригинальность малых форм и высокое качество строительства получил диплом ВДНХ и Госстроя РСФСР. Здесь любой микрорайон радует глаз, создает долговременный хороший настрой.

Одновременно со строительством ЛАЭС продолжалось строительство НИТИ Минатома России, научно-производственной базы ГОИ, разворачивалось строительство сельскохозяйственных объектов и строился ряд объектов непосредственно в Ленинграде, где было создано СМУ во главе с Р.Б. Голубевым.

Ускорение темпов и рост объемов строительства потребовал и расширения производственной базы строителей и монтажников. Эта задача была решена быстро и энергично.

Ход строительства ЛАЭС контролировался 10-м ГУ (в последующем 1-м ГУ). На строительстве часто бывали заместитель министра по строительству П.К. Георгиевский, начальник 10-го ГУ Н.Н. Волгин и сменивший его И.Е. Дерябин, начальник 12-го ГУ А.С. По-

номарев и др. Они не только строго контролировали ход строительства, но и помогали этой трудной стройке своим многолетним опытом, умением предвидеть трудности. Здесь, на этой стройке, во время обхода главного корпуса не выдержало нагрузки сердце А.С. Пономарева и его пришлось уносить с объекта на носилках в присутствии первого заместителя министра Н. А. Семенова.

Следует отметить, что для этой стройки характерны с первых и до последних дней строительства деловые связи строителей с проектировщиками — Всесоюзным проектно-конструкторским и технологическим институтом (теперь ВНИПИЭТ), а по стройбазе — с «Оргстронипроект».

А.И. Гутов — директор ВНИПИЭТ создавал обстановку, адекватную задачам строителей, и казалось порой, что других забот у него нет.

На строительстве ЛАЭС внедрялось сетевое планирование работ. Разработка сетевых графиков велась с привлечением к этой работе СО АН СССР, в то время это было новинкой в строительстве.

Директивные сетевые графики с постоянным их сопровождением-контролем (т. е. с нанесением на них фактического положения хода работ) наглядно показывали, кто сорвал сроки и к чему это приведет в ближайшее время. Тут были видны промахи всех: строителей, монтажников, эксплуатационников, поставщиков оборудования.

В период перестройки и проводимых реформ в стране Северное управление строительства перешло на акционерную форму управления и хозяйствования. В 1990 г. оно выполнило работ по генподряду в объеме 72,9 млн. руб., а собственными силами в объеме 39,0 млн. руб. (в ценах 1990 г.). Однако в последующие годы стали резко падать объемы строительства, стройка стала делиться на мелкие самостоятельные подразделения, менять профиль деятельности, сокращать численность работающих.

**ПРИАРГУНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВА
(г. Краснокаменск)**

Приаргунское управление строительства было создано в 1968 г. на базе СМУ Ангарского управления строительства, действовавшего с начала 1967 г. на площадке строительства

Приаргунского горно-химического комбината (ПГХК). До 1967 г. комбинат и жилой поселок строились силами Забайкальского горно-обогатительного комбината (ГОК).

Перспективный по объему добычи урана ПГХК требовал срочного резкого увеличения объемов строительства как промышленных, так и жилищно-гражданских объектов. Шахты и разрезы строились силами комбината, промышленные объекты, будущий город и вся инфраструктура возводились строительной организацией.

Особенности этого района Даурии — полупустынный, малоснежный, с частыми пронизывающими ветрами зимой приграничный район с Китаем. Н.Н. Волгин — бывший в то время начальником 10-го ГУ, побывав с комиссией на месте для разработки стратегии и тактики строительства этого нового крупного и отдаленного комплекса, высказался образно, что это как раз те места, «...где ветер на сопках рыдает». Свои предложения по развороту строительства комиссия доложила на активе Минсредмаша СССР.

На первых порах сборный железобетон, деревянные конструкции и столярка, щебень и песок доставлялись из г. Ангарска как опорного пункта. Уже в 1969 г. стройка вышла на объем СМР в размере 31,27 млн. руб.

Забайкальский ГОК с 26 мая 1956 г. по 1 января 1962 г. строило СМУ-9 Ангарского управления строительства и выполнило СМР в объеме 43,4 млн руб. Дальнейшее строительство велось ужехозспособом.

Строительству в г. Краснокаменске руководство министерства уделяло огромное внимание и поэтому, как правило дважды в год, ход работы проверялся самим министром Е.П. Славским или его заместителями.

Строительство осуществлялось быстрыми темпами. Были созданы промышленные производства по переработке и обогащению руды, надежная теплоэнергетическая система, комплекс водоснабжения и канализации, искусственное водохранилище объемом 16 млн. куб. м, что дало возможность в дальнейшем создать на его берегах зоны отдыха.

В 1980 г. стройка достигла годового объема в 40,5 млн. руб., действовали восемь СМУ и все необходимые производственно-вспомогательные и хозяйственные службы; с этого года начались работы на объектах сельского хозяйства.



Окрестности г. Краснокамска. Первые шаги создания зон отдыха. Теперь эти места утопают в зелени

Для эффективной работы требовалось увеличение ввода жилья, строительство объектов ОРСа, мясокомбината, свиноплекарни и др.

Директор объекта С.С. Покровский, человек очень энергичный и требовательный, держал Управление строительства в напряжении. Конечно, не хватало квалифицированных отделочников, кровельщиков, необходимо было создавать свое заводское домостроение.

В июне 1980 г. А.Н. Усановым было утверждено технико-экономическое обоснование по расширению базы стройиндустрии Приаргунского управления строительства.

В итоге большой работы за короткий срок в малолюдном отдаленном месте, в суровых климатических условиях были созданы новый комбинат и современный город, в котором нет ничего старого, ветхого.

На 1 января 1988 г. Приаргунское управление строительства в целом имело численность работающих 7100 чел. (из них вольнонаемный состав 4675 чел.), мощность по собственным силам 58 млн. руб. СМР в сметных ценах 1984 г., по генподряду 75 млн. руб. Поставки со стороны (с предприятий Минатома) составляли элементы крупнопанельных домов в объеме 40 тыс. кв. м общей площади, сборный железобетон для промышленного и соцкультурного строительства 12 тыс. куб. м, пиломатериалы 16,5 тыс. куб. м, столярные изделия 19,2 тыс. кв. м.

В 80-е годы началось возведение завода по производству тантала и развернулось строительство в пос. Этыка. Из-за перегрузки стройки, слабости ее производственной базы, постоянной нехватки рабочих кадров, специфических



Ю. Я. Васин,
начальник Приаргунского
управления строительства
с 1971 по 1993 гг.

условий региона, а также ограниченных финансовых ресурсов это строительство велось с нарушением нормативных сроков ввода мощностей. Ограниченное финансирование капитальных вложений вынудило с января 1991 г. продолжение работ в пос. Этыка передать в хозяйственный способ Забайкальскому ГОК.

Для освоения месторождения урана и полиметаллов в Монголии с января 1983 г. было образовано СМУ на монгольской площадке в составе Приаргунского управления строительства, которое к концу года создало первоочередные объекты производственной базы и имело около 1500 чел. работающих. По этой площадке с первых дней было принято решение — всю производственную базу строить из модульных блоков или формировать из подвижных инвентарных строений. Это позволило быстро развернуть строительство и создать оптимальные условия для работающих. Специалисты (от ИТР до водителей) командировались в Монголию через министерство почти со всех строек.

В Монголии работники отрасли работали как правило не считаясь с личным временем,



Второе поколение первопроходцев в Монголии.
Четвертый слева В.Б. Поливин — начальник строительства, начальник трест-площадки Приаргунского управления строительства

сохраняя традиции работников ядерной промышленности, касающиеся долга и взаимной поддержки. Несмотря на полупустынный климат (жара летом, холод и сильный ветер зимой) и скудную природу, не было людей, да и теперь нет, кто бы жаловался на судьбу, что работал в районе Вала Чингиз-Хана (будущий г. Эрдес). Фундамент первого пятиэтажного дома был заложен 27 января 1985 г.

В начале 90-х годов на строительстве сложилось напряженное положение в связи с вводом дополнительных мощностей на Краснокаменской ТЭЦ, хотя городу и комбинату эти мощности не требовались. ТЭЦ на 1 января 1990 г. имела в работе девять котлоагрегатов на (4×320 + 5×210) т пара в час, котлоагрегат № 10 находился в стадии окончания монтажа. Шесть турбоагрегатов общей мощностью 360 МВт уже передавали в Читинскую область 140–150 МВт электроэнергии.



Монголия. Это лишь часть будущего г. Эрдес. Пока на горизонте только один башенный кран и бесконечная выгоревшая суровая степь-полупустыня.

Однако на строящейся Харанорской электростанции случилась крупная авария и в области создался резкий дефицит электроэнергии, включая электроснабжение транссибирской железнодорожной магистрали.

Требовалось ускорить расширение Краснокаменской ТЭЦ: надо было установить котел № 11 мощностью 210 т/ч и турбоагрегат № 7 мощностью 110 МВт, заменить два автотрансформатора по 63 МВт на два по 125 МВт и построить ЛЭП-220 от Краснокаменска до подстанции Перловая гора длиной 183 км. Для устойчивого снабжения ТЭЦ углем требовалось ввести I очередь Уртуйского угольного разреза.

Вся эта сложная работа в условиях перестройки легла на плечи комбината и Приаргунского управления строительства, монтажных организаций Минатома и Минэнерго. Наиболее трудной задачей оказалось укомплектование оборудованием, в том числе нестандартизированным. Работы по вводу турбоагрегата были закончены в начале 1993 г. Часто на этой стройке бывали главный инженер (Первый заместитель генерального директора СПАО «Прогресс») В.И. Тузов, заместитель начальника 12-го ГУ Н.Ф. Яременко, контролировал ход работ заместитель министра А.Н. Усанов.

История развития Приаргунского управления строительства была бы неполной, если бы была забыта эпопея разворота строительства Усть-Борзинского цементного завода на берегу реки Борзя по сухой схеме производства мощностью 2300 тыс. т по цемента в год.

В 1988 г. в составе управления был создан трест «Цементстрой», развернуты работы по строительству подъездной железнодорожной ветки, автодорог, жилья для строителей и временных объектов производственной базы в пос. Борзя, продолжены работы по созданию домостроительного комбината в Краснокаменске, проект которого был откорректирован с учетом объемов жилищного строительства для цементного завода и Читинского агропрома (мощностью 120 тыс. кв. м общей площади в год, серии 111-97).

В течение 1989—1990 гг. продолжались работы подготовительного периода.

Впоследствии трест «Цементстрой» был ликвидирован, начатый строительством цементный завод законсервирован.

С 1990 г. началось падение объемов подряд-

Ю.П. Грохотов,
ветеран отрасли,
заместитель начальника
предприятия по
строительству в Монголии
в 1982—1984 гг., начальник
треста «Даурия-строй» в
1985—1990 гг. В настоящее
время генеральный
директор АСФ «Авиастрой»



ных СМР. Концепция развития Приаргунского управления строительства с учетом строительства Усть-Борзинского цементного завода, предприятия в Монголии, завода в пос. Этыка для Забайкальского ГОК, а также задач по строительству объектов на селе оказалась невостребованной. Управление отказалось полностью от военных строителей, заключенных и произвело структурные изменения с сокращением рабочих кадров.

В настоящее время на базе этой строительной организации создано СПАО «Приаргунское управление строительства», которое сохранило основные производственные мощности, повысило мобильность и конкурентоспособность в регионе и является одной из ведущих строительных организаций в области. Отрицательно влияют на работу неплатежи заказчиков за выполненные СМР и услуги, резкое сокращение объемов строительства.

СПАО имеет автобазу, управление механизации, УПТК, завод ЖБИ, лесопильный цех, завод керамзитового гравия, бетоно-растворный завод, производство по выпуску крупноблочных домов на 20 тыс. кв. м и другие производственные и вспомогательные производства и главное — костяк опытных высококвалифицированных строителей. Завод крупнопанельного домостроения (КПД) мощностью 120 тыс. кв. м в год не достроен, строительная готовность его 70%. Паспортная мощность этой строительной организации не пересчитывалась и по данным на 1 января 1996 г. находится в пределах 30 млн. руб. в ценах 1991 г. (по рабочей силе), при загрузке производственной базы на 40—60%.

Начальниками строительства работали Ю.А. Ус, Ю.Я. Васин (1971—1993 гг.), главны-



А.И. Филонич,
генеральный директор
СПАО «Приаргунское
управление строительства»
с 1993 г. по настоящее
время

ми инженерами работали С.А. Новгородов, А.И. Святоцкий, Ю.А. Романенко, В.А. Москалев.

В настоящее время генеральным директором СПАО «Приаргунское управление строительства» является А.И. Филонич.

ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА «ЗИМАХИМСТРОЙ» (г. Саянск)

Восточно-сибирское управление строительства создано на базе треста «Зимахимстрой». Трест «Зимахимстрой» был образован в 1968 г. как площадка в составе Ангарского управления строительства № 16 для строительства Зиминского химического завода. Хлорное производство завода должно было базироваться на местных залежах солей, которые методом размыва добываются с глубины 800—1200 м.

Первые семь автомашин с инструментом, инвентарем, стройматериалами и 13 рабочими прибыли сюда на рассвете 28 июля 1968 г. и с ними начальник треста Ю.Я. Васин. От Ангарска до станции Зима 220 км по разбитому пыльному тракту, да еще в сторону, в необжитое место 32 км. Как всегда трудно осваивалась новая площадка. За 1968—1972 гг. было освоено работ в объеме 36,5 млн. руб., в том числе по базе стройиндустрии 12,1 млн. руб. Решено было вначале построить микрорайон на окраине г. Зимы как плацдарм для последующего создания нового г. Саянска в 32 км севернее в сосновом лесу.

К 1973 г. было введено 41 335 кв. м жилой площади, школа на 964 учащихся, детсад-ясли на 280 мест, квартальная котельная, два магазина на 40 рабочих мест (микрорайон «Ангарский»). В июне 1973 г. трест имел 2363 чел. работающих, из них вольнонаемный состав 1862

чел. Кроме этого, из Ангарска на стройку были переданы автобаза (351 чел.), ОРС (287 чел.), УПП (28 чел.). Субподрядные организации имели 173 работника.

Построенный в 1972 г. мост через р. Оку открыл путь к месту строительства нового города.

В 1973 г. началось строительство Новозиминской ТЭЦ — энергетического сердца будущего завода и г. Саянска, с 1974 г. было развернуто строительство хлорного производства и производства каустической соды.

Диспропорция между планируемыми объемами МСР и реальными возможностями строителей и монтажников складывалась почти с первых лет организации треста. Постоянно не хватало рабочих, включая военных строителей и заключенных. С вводом производств на химзаводе часть вольнонаемных работников переходила на завод (там высокие заработки, работа в теплых цехах, перспектива быстрого получения жилья и т. д.). В эти же годы (с 1968 г.) организовывалась стройка в г. Краснокаменске Читинской области и в первые годы поставки туда всех конструкций и инертных материалов (щебня, песка) шли из Ангарска. Стройке на р. Аргуни придавалось лидирующее значение в отрасли, здесь сосредотачивались основные силы. Наличных сил на две крупные стройки явно не хватало.

На строительстве Зиминского химзавода работали (находясь в длительных командировках) многие строители отрасли, включая Первый Московский строительно-монтажный трест. За счет командированных решались лишь частичные задачи. Трест «Зимахимстрой» крайне медленно набирал собственные силы, так как постоянно не хватало рабочих всех категорий, и в большей степени рассчитывал на помощь из Ангарска от АУС-16.

Трест не обеспечил ввод I очереди хлорного производства в срок. В 1977 г. заказчик не поставил гуммированные трубы и детали (около 540 т), трубы из титана, разного рода изоляционные вставки, изоляторы, втулки, шайбы (количество их превышает 15 тыс. шт.), не поставил задвижки диаметром 600—1000 мм и другое оборудование. Все это сильно сдерживало механо-монтажные работы, не позволяло закончить обвязку оборудования.

Даже в конце мая 1978 г. вопросы поставки необходимых деталей заказчик не решил, ввод



Г.Т. Бабаев,
начальник Восточно-
сибирского управления
строительства
в 1979—1987 гг.



А.П. Сигал,
начальник, генеральный
директор СПАО «Восток» с
1990 г. по настоящее время

завода в действие был перенесен на конец года.

Но переломный момент в развитии новой стройки наступил, когда резко стало возрастать жилищное строительство (с 1978 г. объем перевалил за 60 млн. рублей в год). Несбалансированность планируемых заказчиком объемов строительства с реальными возможностями строителей и реальными сроками поставки оборудования еще оставалась, но трест уже представлял крупную строительную организацию, способную самостоятельно решать поставленную задачу по строительству крупного химзавода.

Строительство I очереди Зиминского химзавода закончено в 80-е годы, построен новый г. Саянск.

С 1987 г. было принято решение начать сооружение II очереди завода. Но впоследствии строительство II очереди было прекращено, военные строители сокращены полностью, домостроительный комбинат, рассчитанный на 120 тыс. кв. м общей площади жилых домов, не задействован. Объемы жилья по вводу сократились в 2—3 раза и покрываются за счет кирпичного строительства. В последние годы строителями в области построены крупная птицефабрика и ряд других объектов.

Начальниками строительства в разное время были: Ю.Я. Васин, В.Г. Машаров, В.А. Шегалов, Г.Т. Бабаев, Г.Г. Крайников. В настоящее время генеральным директором СПАО «Вос-

ток» является А.П. Сигал, главным инженером В.Г. Самойлов.

За 1995 г. объем СМР СПАО «Восток» выполнен в размере 20,6 млн. руб. в ценах 1991 г., т. е. на уровне строительного треста I категории. Он может собственными силами выполнять объемы на 12—15% выше при своевременной оплате за выполненные работы и услуги, с частичной предоплатой (авансированием) на договорной основе. В настоящее время СПАО «Восток» — престижное предприятие, так как там сохранены социальные гарантии.

ЧЕПЕЦКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (г. Глазов)

Город Глазов стоит на р. Чепце — той самой, которая в г. Кирово-Чепецке впадает в р. Вятку и где находится Кирово-Чепецкое управление строительства. Глазов — старый город с большой историей. Он считается собирателем культуры удмуртской согосударственной общины.

История Чепецкого управления строительства началась в 1915 г. со строительства Завода № 544 (позднее он стал называться «Чепецкий механический завод») силами Управления строительства № 384 МВД СССР. После строительства первых АЭС основной программой завода было освоение производства циркония — металла ядерной энергетики. Создавалось совершенно новое сложное производство для получения этого металла. Благодаря высокой коррозионной стойкости цирконий находит широкое применение в народном хозяйстве. Кроме металлургического передела было создано производство «канальных» труб из циркония для энергетических реакторов и других целей, производство тонкостенных малого диаметра трубок для твэлов и другой продукции для ядерной и оборонной промышленности.

По приказу Минсредмаша СССР от 14 апреля 1956 г. дальнейшее строительство и капитальный ремонт на мехзаводе были переданы на хозяйственный способ, а Управление строительства № 384 было передислоцировано в г. Кирово-Чепецк для ускорения расширения и реконструкции химического завода. На Чепецком механическом заводе было образовано управление капитального строительства (УКС). Дирекция завода и УКС умело и активно продолжали строительство завода и объектов жил-



А. Я. Дедов,
начальник Чепецкого
управления строительства
в 1956—1966 гг.

соцкультбыта, развивали производственную базу строителей и монтажников, растили кадры вольнонаемных рабочих.

Первым начальником Чепецкого управления строительства (заместителем директора по капитальному строительству) при хозспособе был участник Великой Отечественной войны, в последующем Заслуженный строитель Удмуртской АССР А. Я. Дедов.

Только с 1956 г. по 1968 г. было введено в эксплуатацию более 27 производственных корпусов. Каждый год строители и монтажники вводили один-три корпуса при производственном объеме от 15 до 50 тыс. куб. м, а отдельные объекты объемом 120 тыс. куб. м. Объемы выполняемых работ в 1969 г. составили: по генподряду — 11,83 млн. руб., собственными силами — 11,52 млн. руб. в действующих на то время сметных ценах. Численность работающих составляла 2283 чел.

С 1965 г. начато строительство пятиэтажных, а позднее девятиэтажных жилых домов из кирпича.

За 1946—1972 гг. в городе были построены жилые дома общей площадью 238,5 тыс. кв. м, 14 школ, 16 детских учреждений, больничный городок, дом отдыха, магазины, школа ФЗО на 400 мест, кинотеатр и др.

Стройка участвовала в восстановлении разрушенного землетрясением Ташкента. Чепецкое управление строительства в 1966—1977 гг. возглавлял Ю. Х. Шерман — заслуженный строитель Удмуртии, почетный гражданин г. Глазова.

В период 1977—1987 гг. строительством руководил ветеран отрасли В. Л. Жданов. Много сил и знаний отдал он строительству Чепецкого механического завода как монтажник и как строитель-руководитель (хозяйственник). Уйдя на заслуженный отдых, он постоянно интересовался ходом дел на стройке, делами у заказчика.



Ю. Х. Шерман,
начальник строительства
в 1966—1977 гг.



В. Л. Жданов,
начальник строительства
в 1977—1987 гг.

У стройки богатое прошлое, в котором накоплен большой опыт. Она вырастила много талантливых руководителей и ныне действующих ветеранов, умеющих сконцентрировать наличные силы и материально-технические ресурсы на главных направлениях деятельности, умело использующих человеческий фактор, который нередко является определяющим в конкретных условиях и обстоятельствах. Одним из таких руководителей — учителем для молодых инженеров и был В. Л. Жданов.

С 1987 г. по апрель 1996 г. начальником этого строительства работал О. Б. Костров. В начале этого периода продолжались строительные работы на заводе, расширялись объемы по заказам других ведомств, в том числе и по объектам сельского хозяйства. Возрастающие объемы работ требовали расширения производственной базы как строителей, так и монтажных организаций, а также вспомогательного хозяйства. Создавалась база для автотранспорта, расширялись мощности по изготовлению сборного железобетона, строились стоянки для строительных машин и механизмов. Уделялось большое внимание повышению качества строительства (особенно жилищного, с применением облицовочного кирпича), комплексной застройке микрорайонов и их благоустройству.

Однако начавшаяся с 1991 г. перестройка привела к падению объема подрядных работ. Период с 1991 г. по настоящее время — наиболее тяжелый для всех строительных организаций Минатома России (совпал с переходом на акционирование), особенно для Чепецкого



О.Б. Костров,
начальник, генеральный
директор АО «Чепецкое
управление строительства»
в 1987—1996 гг.



В.Ю. Перешин,
генеральный директор
АО «Чепецкое управление
строительства» с 1996 г. по
настоящее время

управления строительства, где основную рабочую силу составляли вольнонаемные рабочие. Многие стройки регулировали падение объемов подрядных работ за счет отказа от военных строителей или заключенных. Если принять выполненный в 1991 г. объем работ за 100%, то в 1995 г. выполнено лишь 34,4%, при этом до 40—50% в течение года своевременно заказчиками не оплачивались из-за их неплатежеспособности. По заказам отрасли объемы выполненных работ составили в 1995 г. лишь 32%, тогда как в 1991 г. они составляли 82%.

Численность работающих на 1 января 1996 г. составляла 2688 чел. Администрация стройки стремится сохранить коллектив, создавая нетрадиционные производства, развивая услуги населению, укрепляя конкурентоспособность строительной организации в регионе.

Главными инженерами стройки с 1956 г. были П.И. Башкин, С.С. Обносков, Ю.Х. Шерман, В.Л. Конюхов, О.Б. Костров, В.Ю. Перешин.

Активно работают в этом управлении В.В. Бек (управление производственных предприятий), А.М. Орлов (производственная деятельность), Г.Н. Гоголин (материально-техническое снабжение), В.И. Романов (инженерно-технические вопросы), Г.В. Дементьева (планово-финансовые вопросы), В.И. Шабала (вопросы оплаты труда и нормирования).

Имея хорошую производственную базу и квалифицированный коллектив работников,

СПАО «Чепецкое управление строительства» может быстро восстановить паспортную мощность, наращивая ежегодно объемы работ на 5—10%. Генеральным директором его с мая 1996 г. является В.Ю. Перешин.

МОНТАЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ АО «СПЕЦАТОММОНТАЖ»

Главпромстрой МВД СССР не имел в своем составе крупных монтажных организаций. Монтаж на его строящихся объектах в те далекие годы выполняли Главстальконструкция, Главэлектромонтаж, Главсантехмонтаж Минтяжстроя СССР, Теплоконтроль Минавиапрома СССР, Спецхиммонтаж Минмашприбора СССР, Главэнергомонтаж Минэнергетики СССР, Первый союзный монтажный трест Минэлектропрома СССР и др.

Как только Главпромстрой МВД вошел в состав Минсредмаша СССР, был образован Главмонтаж (впоследствии 12-е ГУ) и начальником его был назначен П.К. Георгиевский (26.04.65 г. — 29.01.64 г.), его заместителями были А.С. Пономарев (26.04.55 г. — 14.03.64 г.) и И.Ф. Камышан (20.08.56 г. — 01.07.66 г.), главным инженером утвержден И. И. Герасимов (14.11.55 г. — 13.08.59 г.), а затем В.И. Крайко.

Заслуга первопроходцев-монтажников состояла в том что они под началом А.Н. Комаровского сумели быстро создать мобильные монтажные организации, хотя для полного их развития (какими они стали в 80-е годы) впереди потребуется еще очень многое. В каждом серьезном деле требуется четкая последовательность, определенность перспективы. Застойный период монтажники предчувствовали гораздо раньше строителей, их барометр надвигающихся перемен начал работать уже к 1980 г. Уже тогда они начали отказываться от дальнейшего развития своих производственных баз, так как мощности стали «проскальзывать», т. е. не загружаться полностью.

Динамика развития монтажных организаций по годам четко просматривается из освоенных ими объемов строительно-монтажных и монтажных работ (см. таблицу).

В 1990 г., объем работ, выполненный 12-м ГУ (в ценах 1961 г.) составлял 485 млн. руб. (около 23,3% генподряда).

По постановлению Совмина СССР от 1 ию-

Таблица. Динамика развития монтажных организаций в период 1944—1969 г.

Характеристика монтажных организаций	1944	1945	1950	1955	1960	1965	1969
Общий объем работ, млн. руб.	0,93	5,57	33,45	59,7	146,7	188,6	265,8 (287,8)*
В том числе для Минсредмаша	0,88	5,57	22,45	57,8	138,3	168,6	243,1
Численность работающих, чел.	509	3405	13 288	23 309	30 008	32 357	38 732

* В скобках в ценах 1961 г.

ня 1957 г. в состав Минсредмаша (в 12-е ГУ) были переданы многие монтажные организации, задействованные на строительстве объектов ядерной промышленности. У министерства все должно было быть под рукой. Эта простая схема и впредь должна действовать в системе тяжелой индустрии, железнодорожного транспорта, системы метрополитенов, угольной промышленности, сельского строительства, нефтедобычи, автомобильных дорог, аэродромного строительства. Это не есть монополия отрасли, это — реальная потребность уверенно обеспечивать Родину тем, что положено делать отрасли.

Министерству были переданы все монтажные организации, задействованные в Челябинске-40, электромонтажные управления № 72, 73, 74, 76 Главэлектромонтажа Минтяжстроя СССР (это около 2000 работающих), контора № 15 треста «Спецхимзащита» Минмашстроя СССР, производственно-монтажное управление треста «Спецхиммонтаж» Минмашстроя СССР (в Ангарске), монтажное управление № 24 треста «Союзпроммонтаж», спецуправление № 24 треста «Союзпроммонтаж», спецуправление № 24 треста «Уралстальконструкция» (в Томске, численность 270 чел.) и др.

В мае 1956 г. на базе отдела технической информации и производственного инструктажа Предприятия п/я 1062 и Бескудниковского машиностроительного завода № 1 было организовано проектно-монтажное управление — Предприятие п/я 1036. Руководителем его был назначен В.А. Крайко, главным инженером Н.Д. Анагров.

Задачи, которые должен был решить В.А. Крайко: обеспечение под задачи быстро развивающейся ядерной промышленности вновь создаваемых монтажных организаций технологической документацией (в первую очередь — механо-монтажные работы, электросварка всех новых спецсталей, с переходом

на полуавтоматические системы), технической информацией, а также самостоятельное проектирование, отработка опытных образцов и промышленное изготовление оснастки и оборудования для монтажных предприятий Главмонтажа.

Напомним, что с 1959 г. монтажные организации планомерно приступили к ремонту и реконструкции действующих ядерных реакторов. Эта нелегкая работа потребовала изучения вопроса и принципов разработки регламентной документации, нового оборудования, изыскания методик сохранения здоровья работающих от повышенного фона радиации.

Такие непростые задачи стояли перед В.А. Крайко и он их решил (позднее он стал главным инженером 12-го ГУ).

За прошедшие годы были выполнены монтажные работы на объектах ядерной энергетики, тепловых станциях, объектах радиохимии, специальных электрофизических и научно-исследовательских установках, заводах химии и нефтехимии, на строительстве жилья и соцкультбыта, на объектах сельского хозяйства.

Кроме того, освоено изготовление трубопроводов I контура ядерных реакторов, гнутых отводов из труб нержавеющей стали марки 1×18 Н9Т (впервые в стране) путем нагрева металла токами высокой частоты, освоены монтаж крупногабаритного оборудования (абсорбционных и других колонн, теплообменников, скрубберов, холодильников), трубопроводов высокого давления до 700 кг/см² с температурой до 400 °С, все виды электромонтажных работ, КИП и автоматики, пусконаладочные работы по всему комплексу оборудования. 12-е ГУ производило намыв плотин и дамб, водопонижение, бурение скважин, свайные работы, изготовление металлоформ и оснастки для производственных баз и заводов КПД строительных организаций. При значительной перегрузке или сосредоточении большого ра-



Томск-7. Сибирская атомная электростанция



В.А. Шиленко,
генеральный директор
АО «Спецатоммонтаж»
с 1993 г.



В.И. Рудаков,
начальник треста
«Энергоспецмонтаж».
В 1985—1988 гг.
начальник 12-го ГУ



Слева направо: Е.С. Ключин, главный инженер 12-го ГУ в 1976—1988 гг.; Н.К. Смазнов, начальник 12-го ГУ в 1974—1985 гг.; В.А. Шиленко, генеральный директор АО «Спецатоммонтаж» с 1993 г.

зового объема монтажных работ приходилось привлекать монтажные организации Минмонтажспецстроя СССР.

Прогрессивные методы монтажа при высоком качестве работ, новые механизмы и комплексы для дистанционной резки, сварки и контроля стыков труб тепловых контуров ядерных установок для подводных лодок, дезактивирующие защитные покрытия строительных конструкций, водостойкие покрытия, технологию графитовой кладки и т. д., создал НИКИМТ.

В 1969 г. Главмонтаж уже имел трест «Югпромонтаж» (В. А. Дьяченко, Ж. Г. Металлинин), управление «Сибкадеммонтаж» (Ю.А.Тюрин, В.Ф. Федоров), тресты «Проммеханомонтаж» (Б.С. Лазуков, И.В. Непомилов), «Гидромонтаж» (Я.А. Кузнецов, С.Ф. Береснев), «Химэлектромонтаж» (В. И. Стоянов, Л.И. Липовецкий), «Сибхиммонтаж» (Ю.Б. Пази, Н. В. Евдокимов), «Энергоспецмонтаж» (В.И. Рудаков, В.С. Андрианов), Союзный монтажный трест (С.Д. Николаев, Д.Л. Кравченко), трест «Уралпромонтаж» (Н.К. Смазнов,

Е.С. Ключин), НИКИМТ (И.И. Герасимов, Ю.Ф. Юрченко), «Промэлектромонтаж» (С.А. Дмитроченков, А.Д. Небесный), «Востокхиммонтаж» (Л.П. Голубков, Г.Г. Зайцев).

С 1988 г. АО «Спецатоммонтаж» (при участии других организаций) разработано и внедряется в производство перспективное и имеющее большой спрос на рынке оборудование агропереработки.

По заказам сельского хозяйства изготавливаются и монтируются «под ключ» пищеперабатывающие цеха малой мощности: молокозаводы производительностью 5 и 10 т в смену,

молокоприемные пункты на 10 т в сутки, сыродельные цеха производительностью 100 и 300 кг сыра в смену, миниколбасные цеха на 100, 200 и 1000 кг колбасных изделий в смену, холодильные камеры на 2—10 т и другое оборудование.

Разработаны и внедряются в производство типовые биоэнергетические установки по переработке отходов животноводческих и птицеводческих ферм с получением высококачественного удобрения и биогаза, используемого для получения тепла и электроэнергии.

АО «Спецатоммонтаж» является надежным партнером и готово сотрудничать по любым вопросам. Возглавляет это акционерное общество в настоящее время В. А. Шиленко (с 1993 г.), заместителями его являются В.С. Андрианов, Н.А. Захарченко.

АО «Спецатоммонтаж» объединяет следующие институты и предприятия:

Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии (НИКИМТ), Москва, выполняет:

разработку технологии механо- и электро-монтажа и ремонта различных ядерных и специальных установок, технологии и оборудования для сварки и контроля металла неразрушающими методами;

разработку систем промышленного телевидения для эксплуатации и ремонтных целей;

изготовление и монтаж оборудования и конструкций «чистых» производственных помещений;

композиции из полимерных и металлополимерных материалов для антикоррозийной и тепловой защиты;

центробежные экстракторы для радиохимических и сырьевых производств;

конструкции и технологии изготовления элементов медицинской техники;

Проектно-технологический институт «Оргмонтажпроект», Москва:

выполняет проекты монтажно-строительных баз, организации строительства, производства монтажных работ;

выполняет разработку чертежей металлоконструкций, технологических, вентиляционных и сантехнических систем, нестандартизированного оборудования, технологических карт на СМР, схем операционного контроля качества;

разработал одно- и многоэтажные сборно-

разборные здания для производственных и социально-сбытовых объектов;

Производственное объединение «Энергоспецмонтаж», Москва:

ведет комплексный монтаж и реконструкцию ядерно-энергетических, теплоэнергетических, горно-добывавших и горноперерабатывающих, химических производств;

изготавливает конструкции и оборудование «чистых» производственных помещений, молоко- и пищеперерабатывающие цеха (с монтажом «под ключ») и оборудование, нестандартизированное оборудование и различные изделия для обеспечения монтажных работ;

Трест «Моспромтехмонтаж», Москва:

ведет комплексный монтаж ускорителей, электротехнического оборудования, радиохимических лабораторий, ядерных и термоядерных установок, общий механо- и электро-монтаж;

проводит наладочные работы силового и энергетического оборудования, электроавтоматики и вычислительной техники;

АО «Гидромонтаж», Московская область:

выполняет подводно-технические и гидротехнические работы, монтаж наружных сетей, котельных, технологических трубопроводов и оборудования, бурение скважин диаметром до 3,6 м, глубиной до 2000 м;

изготавливает износостойкие унифицированные грунтовые насосы, металлоконструкции, трубопроводы и железобетонные изделия;

АО «Промэлектро-монтаж», Москва:

выполняет монтаж воздушных и кабельных линий всех напряжений, систем радиовещания, телевидения, телефонной связи, охранной и противопожарной автоматики;

специализируется на монтаже, наладке и сервисном обслуживании систем автоматики и вычислительной техники;

изготавливает изделия электро-монтажа;

АО «Электрон», Новосибирск:

выполняет электро-монтажные работы широкого профиля с применением собственных электротехнических и электро-монтажных изделий, наладочные работы;

изготавливает трансформаторные подстанции, распределительные устройства, щитки промышленного применения, вводно-распределительные устройства, лабораторные щитки, электро-монтажные изделия, ручной и пиро-

технический инструмент, товары народного потребления;

АО «Сибхиммонтаж», Красноярск:

выполняет комплексный монтаж промышленных объектов, ядерных и ядерно-энергетических установок, объектов сельского хозяйства, отечественного и зарубежного оборудования;

прокладывает наружные и подземные коммуникации;

изготавливает и монтирует сыродельные цеха, холодильники и емкостное оборудование для пищевых продуктов;

АО «Уралпромонтаж», Челябинск:

выполняет комплексный монтаж промышленных объектов, ядерных и ядерно-энергетических установок, объектов сельского хозяйства, отечественного и зарубежного оборудования;

изготавливает металлоконструкции, трубопроводы, сантехнические изделия, нестандартизированное оборудование;

изготавливает и монтирует «под ключ» пищевые перерабатывающие цеха;

АО «Проммеханомонтаж», Томск:

выполняет комплексный монтаж промышленных объектов, ядерных и ядерно-энергетических установок, объектов сельского хозяйства, отечественного и зарубежного оборудования;

изготавливает металлоконструкции, трубопроводы, сантехнические изделия, нестандартизированное оборудование;

Трест «Спецмонтаж», Москва, выполняет теплоизоляционные, антикоррозийные, огнеупорные работы;

Трест «Спецмонтажмеханизация», Москва:

выполняет монтаж лифтов, кранов всех типов, вытяжных труб, газгольдеров, комплексных модульных зданий, строительство инженерных сетей, кирпичных и панельных домов; делает проколы под дорогами;

АО «Промстальконструкция», Новосибирск, изготавливает модульные здания комплексной поставки, широкий ассортимент металлоконструкций, металлические формы и туннельную опалубку, мостовые и козловые краны, емкости до 3000 куб. м, витражи и др.;

АО «Химмаш», Глазов, изготавливает емкости и сушильное химическое оборудование, трубоукладчики и бульдозеры, товары народного потребления;

Опытный завод электротехнического оборудования», Москва, изготавливает стандартное и нестандартизированное электрооборудование (панели, телефонные боксы, резаки и сварочные горелки, источники питания и др.);

Трест «Югпромонтаж», Навои:

выполняет комплексный монтаж промышленных объектов, ядерных и ядерно-энергетических установок, объектов сельского хозяйства, отечественного и зарубежного оборудования;

изготавливает металлоконструкции, трубопроводы, сантехнические изделия, нестандартизированное оборудование, ведет монтаж сетей;

поставляет заказчику в полной заводской готовности в блок-контейнерах молокоприемные пункты и молокоперерабатывающие заводы мощностью до 10 т в смену.

В этих организациях прошло становление и рост монтажников и электромонтажников, связистов и наладчиков, изготовителей металлоконструкций и оборудования, проектировщиков и научно-исследовательских работников по спецмонтажным вопросам ядерной промышленности и строительства ее объектов.

**ВОЕННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ
В СИСТЕМЕ МИНАТОМА РОССИИ***

Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР в Строительные управления № 713, 791, 856, 859 НКВД СССР в 1945—1946 гг. были направлены тысячи солдат, сержантов и офицеров, из которых были сформированы военно-строительные батальоны и военно-строительные полки.

До 1947 г. общее руководство военно-строительными батальонами и полками осуществлял центральный аппарат Главпромстроя МВД СССР.

Приказом министра внутренних дел СССР от 16 января 1947 г. при Главпромстрое был образован отдел военно-строительных батальонов, которому было поручено оперативное решение вопросов жизни и деятельности военно-строительных частей (ВСЧ).

Резкое увеличение численности ВСЧ, большие трудности, возникшие при их формировании, обустройстве, организации обучения и

* В подготовке раздела активно участвовали полковники ЦУ ВСЧ С.Н. Младенчиков, И.С. Слипчук.

воспитания личного состава требовали усиления руководства ими из центра.

25 сентября 1948 г. Совет Министров СССР принял развернутое постановление, в котором определил задачи ВСЧ Главпромстроя МВД СССР и предусмотрел создание в центре Управления военно-строительных батальонов.

Начальниками Управления военно-строительных батальонов, а в последующем, военно-строительных отрядов и частей работали генерал-майор М.Ф. Павлов, генерал-майор В.П. Трофимов, генерал-майор И.И. Шевляков, полковник А.Г. Ишков, генерал-лейтенант И.Ф. Камышан, генерал-майор Ю.М. Савинов, генерал-лейтенант П.Ф. Карпюк, а с 1996 г. — генерал-майор В.П. Берчик.

В 1947—1949 гг. на Урале, в Сибири и Европейской части России разворачивалось строительство важнейших народно-хозяйственных объектов, в связи с чем из года в год увеличивалась и численность ВСЧ.

К началу 50-х годов в строительных управлениях в балансе рабочей силы солдаты составляли от 50 до 93%.

Резкое увеличение численности ВСЧ, трудности в организации труда военнослужащих, отсутствие у большинства из них строительных специальностей и слабая материальная заинтересованность в результатах своего труда привели к снижению эффективности использования на строительство солдат и сержантов.

В 1950 г. было утверждено Положение о ВСЧ Главпромстроя МВД СССР. Этим документом была определена их юридическая самостоятельность.

На военно-строительные отряды (ВСО) Минсредмаша СССР распространялось «Положение о военно-строительных отрядах», введенное в действие приказом Министра обороны СССР. Вводились новые нормы вещевого снабжения и новая форма одежды. Переход на ВСО осуществлялся до середины 1960 г.

С ликвидацией Главпромстроя МВД СССР в 1955 г. было упразднено и Управление военно-строительных частей Главпромстроя МВД СССР.

Для руководства ВСЧ приказом министра среднего машиностроения при Главном управлении капитального строительства был создан отдел ВСЧ. На него возлагались организация трудового использования и производственного обучения личного состава ВСЧ, под-

держание в них уставного воинского порядка и дисциплины, материально-бытового обеспечения, а также координация работы отделов ВСЧ строительных главков по всем вопросам.

Приказом министра среднего машиностроения в 1958 г. в целях улучшения организации управления и инспектирования ВСЧ и ВСО, усиления воспитательной работы с личным составом при министре была образована Военная инспекция по военно-строительным частям и отрядам, работающая на правах управления как самостоятельное подразделение Минсредмаша.

В период деятельности Военной инспекции все ВСЧ министерства были переведены на положение ВСО, что способствовало значительному улучшению показателей трудового использования военных строителей.

В ноябре 1960 г. в Минсредмаше был сформирован новый руководящий орган управления военно-строительными частями и отрядами — Управление военно-строительных отрядов под условным номером в/ч 25525.

На управление ВСО возлагались задачи, ранее выполняемые Военной инспекцией при министре, а также командование военно-строительными частями и отрядами, дислоцированными в Москве.

Большая организаторская работа, проведенная аппаратом управления ВСО в воинских частях по улучшению трудового использования военных строителей и укреплению воинской дисциплины, способствовала поднятию трудовой активности военных строителей.

Наибольшую активность в работе по улучшению деятельности ВСЧ в этот период проявили полковники Н.Г. Качурин, В.С. Кухарчук, М.А. Комиссаров, Ф.А. Сабиров, В.К. Данилюк.

В первые годы создания ВСЧ управления



И.Ф. Камышан,
генерал-лейтенант,
командир ЦУ ВСЧ,
участник строительства
МГУ, заместитель
начальника Главмонтажа
(20.08.56—01.07.66 г.)

строительства, как правило, не располагали учебно-материальной базой и специалистами по подготовке кадров строителей массовых профессий. Прибываемый личный состав, сформированный по специальностям в производственные бригады, обучался в течение двух — трех недель без отрыва от производства. Военные строители готовились по специальностям плотников, бетонщиков, маляров, штукатуров, каменщиков, столяров, плиточников, паркетчиков. По сложным профессиям, а также по подготовке десятников-строителей обучение шло на специальных курсах.

Для обучения использовались имеющиеся в строительных подразделениях программы подготовки рабочих массовых профессий. С целью повышения роли офицерского состава в производственной деятельности ВСЧ была введена обязательная производственная учеба офицерского состава ВСЧ.

В 1955—1956 гг. полностью сформировались ВСЧ, стабилизировалась их численность, сформировались организационная структура и формы участия в капитальном строительстве.

За 47 лет своей деятельности ВСЧ части министерства принимали участие в строительстве многих крупнейших объектов ядерной промышленности и народного хозяйства.

Листая страницы из истории ВСЧ, нельзя не вспомнить тех людей, которые своим организаторским талантом, фанатичной преданностью делу, своим трудолюбием и настойчивостью писали эту историю. Это — генералы А.Н. Комаровский, М.М. Царевский, П.Т. Штефан, П.К. Георгиевский, И.Ф. Камышан, Ю.М. Савинов, П.Ф. Карпюк — работники центрального аппарата министерства.

В трудовую историю ВСЧ отрасли вписано участие в сооружении в столице нашей Родины таких объектов как Московский государственный университет на Ленинских горах, медицинская барокамера Минздрава России, Дворец съездов в Кремле, Институт дружбы народов, МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, универмаг «Детский мир», Дворец пионеров и школьников на Ленинских горах. Военные строители участвовали в реконструкции ГУМа, сооружений Центрального стадиона в Лужниках, а также в подготовке спортивных объектов и сооружений к Олимпийским играм 1980 г. В районах Новые Черемушки, Ленино-Дачное, Москворечье, Измайлово, Октябрь-

ское поле построены красивые жилые кварталы, гостиницы «Орленок», «Юность», кинотеатр «Эльбрус», Дворец культуры «Москворечье».

В 1964—1966 гг. с широким участием военных строителей были созданы ракетные стартовые комплексы на Урале, в Сибири и Казахстане.

Трудно переоценить созидательную роль военных строителей. Чувство гражданского долга, ответственности и патриотизма особенно остро проявилось в сознании и делах личного состава ВСЧ в период тяжелых испытаний, выпавших на долю нашего народа.

В 1966 г. мир узнал о трагедии в Средней Азии. В результате землетрясения было разрушено немало населенных пунктов, заводов и фабрик, сельскохозяйственных построек. Превратилась в руины столица Узбекистана г. Ташкент.

На помощь пострадавшему населению пришли военные строители: разбирали разрушенные здания и завалы, расчищали площадки для новостроек, начали возводить молодые современные города. Один из них — Зарафшан. В его строительстве принимали участие подразделения военных строителей, которыми командовали офицеры И.П. Бутырев, И.К. Лыков, П.А. Лавров, А.В. Кропотов, П.И. Кропотов и др.

В 1965 г. Кызылкумское землетрясение потребовало новой мобилизации сил. В сложных условиях военные строители показали полную готовность выполнить ответственное правительственное задание по ликвидации последствий разрушения. Невзирая на трудности, в сжатые сроки были восстановлены и заново возведены при участии личного состава ВСЧ десятки тысяч квадратных метров жилья, промышленные и культурно-бытовые объекты в городах Навои, Зарафшан, Уч-Кудук.

Чернобыльская трагедия стала новым испытанием, проверкой на зрелость, самоотвержен-



Ю.М. Савинов,
генерал-майор ЦУ ВСЧ
в 1986—1992 гг.

ность, верность своему долгу для военных строителей отрасли.

Эстафету мужества, принятую у тех, кто первым вступил в бой со стихией, достойно продолжил состав под командованием подполковника И.З. Арнаута. Построив в считанные дни палаточный городок, подразделения майора В.В. Спильника, капитанов В.А. Снегова, П.В. Третьякова приступили к неотложным работам по подготовке к захоронению четвертого энергоблока. В кратчайшие сроки были пущены два бетонных завода, построена станция перегрузки бетонной смеси в пос. Копачи и обеспечена ее бесперебойная доставка на Чернобыльскую АЭС.

Участие военных строителей в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС стало большой школой мужества и организованности, примером дисциплины и исполнительности всех категории военнослужащих и военных строителей отрасли.

Весомый вклад в ликвидации последствий аварии внесли военные строители под командованием полковников А.И. Чередова, В.С. Колдина, П.А. Жука, П.Ф. Карпюка, В.И. Нагорного, В.В. Гордиенко, Л.А. Сивакова, Г.Г. Чебака, П.Т. Михно, А.П. Камышева и др.

Важнейшую роль в эффективном использовании военных строителей при ликвидации последствий аварии сыграли блестящие организаторы и высококвалифицированные специалисты, возглавляющие Управление строительства № 605, Е.В. Рыгалов, Г.Д. Лыков, И.А. Дударов, В.П. Дроздов.

Общее руководство аварийно-восстановительными работами, выполняемыми военными строителями, осуществляли министр Е.П. Славский, заместитель министра А.Н. Усанов, начальник Главного управления В.И. Рудаков и др.

Непосредственное управление личным составом ВСЧ обеспечивалось начальником Центрального управления ВСЧ генерал-майором Ю.М. Савиновым.

Испытанием стойкости, мастерства и самоотверженности личного состава ВСЧ явилось участие в ликвидации последствий землетрясения в Армении, взрыва железнодорожного состава в Арзамасе, аварии в Свердловске.

Ликвидация последствий всех этих бед и катастроф потребовала стойкости, умения, самоотверженности всех участников восстанови-

тельных работ: и военных, и гражданских. Восстановление разрушенного в большинстве случаев превращалось в строительство всего заново. Строители из Сибири и Урала, центральных районов России, строители отрасли из Казахстана съехались в Кировокан, где было создано специализированное Управление строительства. Постоянно контролировали и ускоряли ход работ заместитель министра А.Н. Усанов, начальник ЦУ ВСЧ генерал-майор Ю.М. Савинов.

В настоящее время при многочисленных трудностях коллективы ВСЧ Минатома России под командованием таких командиров как полковники Н.Т. Мороз, С.И. Демкович, А.И. Репер, М.Г. Неклюдов, А.Д. Капитула продолжают успешно выполнять задачи министерства и правительства страны.

Нынешний высокий уровень подготовки ВСЧ, их оперативность в решении поставленных задач обуславливается богатейшим опытом, накопленным на протяжении существования ВСЧ, сохранением традиций военно-патриотического воспитания молодежи, обучением личного состава правилам и нормам поведения.

Высококвалифицированными мастерами своего дела, умелыми командирами и воспитателями личного состава ВСЧ на протяжении длительного периода времени были и остаются выпускники Волжского высшего военно-строительного командного училища.

В 1955 г. училище перешло на трехлетний срок обучения, что способствовало значительному повышению качества подготовки курсантов.

С 1967 г. училище стало именоваться Новосибирским военным строительно-техническим училищем. Начальником, училища был назначен полковник В.М. Осокин. На преподавательскую работу прибыли офицеры, имеющие значительный опыт работы по обучению, воспитанию личного состава и организации военно-строительных работ.



П.Ф. Карпюк,
генерал-лейтенант,
начальник ЦУ ВСЧ
в 1992—1996 гг.



В.П. Берчик,
генерал-майор,
начальник ЦУ ВСЧ
с 1996 г. по настоящее
время

В 1973 г. командованием ВСЧ было принято решение передислоцировать училище в г. Дубну, Московской области. Училище стало именоваться Волжским военным строительно-техническим училищем (ВВСТУ). Начальником училища был назначен полковник А.М. Царалунга.

С целью дальнейшего улучшения подготовки офицеров для военно-строительных частей в 1983 г.

ВВСТУ преобразовано в высшее военное училище и получило наименование Волжское высшее военное строительное командное училище. Начальником его был назначен полковник Г.В. Танетов.

В настоящее время командованием ЦУ ВСЧ проводится целенаправленная работа по обеспечению устойчивого управления деятельностью ВСЧ отрасли.

В условиях перехода на рыночные отношения были изменены формы взаимоотношений со строительными и другими организациями. Взаимоотношения с ними строятся на основе договоров, определяющих производственную и финансовую деятельность ВСЧ. Это позволяет, несмотря на тяжелое финансовое положение предприятий, получать на содержание ВСЧ до 70% их фактических расходов. Остальная часть расходов покрывается за счет средств федерального бюджета. Принимаются меры по недопущению задолженности предприятий по заработной плате военным строителям. Решаются вопросы социальной защищенности военнослужащих. Средняя зарплата военных строителей на производстве превышает минимальный уровень, установленный правительством РФ, в 2,5 раза.

Ежегодно строительным профессиям обучаются около 3 тыс. военных строителей.

Личный состав ВСЧ обеспечивается всем необходимым для организации безопасного прохождения военной службы, поддержания твердой воинской дисциплины, хорошими жи-

лищно-бытовыми условиями, качественным медицинским обслуживанием.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ И ЕЕ ПРОБЛЕМЫ

В 80-е годы размах строительства в стране возрос, в то же время больше стала выявляться несбалансированность принимаемых планов (сказывалась недостаточно продуманная система их формирования). Это проявлялось в том, что планы не соответствовали мощностям подрядных организаций, возможностям материально-технических ресурсов, срокам поставки технологического оборудования, в остром дефиците рабочей силы и недостаточности финансирования.

Налицо был разрыв между намечаемыми объемами строительства и ресурсами.

После 1990 г. положение дел по промышленному строительству еще более ухудшилось, финансирование крупных объектов было заморожено.

Идея перестройки в стране включала задачу ускоренного строительства жилья.

Проанализировав возможности строителей, а также возможности АО «Спецстройматериалы», в отрасли была принята программа наращивания мощностей крупнопанельного и крупноблочного домостроения. Однако потом она оказалась нереальной в силу резкого спада с 1990 г. жилищного строительства как в отрасли, так и в других ведомствах.

Первые годы перестройки положительно повлияли на развитие строительных организаций. Ежегодно рос ввод жилой площади, ясно просматривалась перспектива полного обеспечения квартирами всего населения к 2005 г. Однако с 1990 г. начался спад жилищного строительства и объемов СМР.

Мощный строительно-монтажный комплекс нашей отрасли, имея громадный опыт возведения сложных и уникальных сооружений ядерной промышленности и объектов большой химии, выстоял в трудные и сложные 1991—1995, сохранил основной костяк квалифицированных рабочих и инженерно-технический персонал.

Но пока какой-либо планово-перспективной деятельности нет. Финансовая ситуация продолжает ухудшаться, надо искать пути объединения усилий, разрабатывать общую концепцию выживания.



В.Н. Михайлов,
министр Минатома России
(1992—1998 гг.), первый
заместитель министра
с 1998 г.



Г.Н. Морозова,
первая за всю историю
Минатома женщина —
руководитель стройки,
генеральный директор
АО «Урал» с 1995 г.

Строительная индустрия в 1997 г. стремилась сохранить объемы подрядных работ, поднять ввод жилья, сохранить все строительные и монтажные организации, обеспечить рентабельность, расширить использование нетипичных для строителей производств и нестандартных эффективных решений, как-то создание малых предприятий, смягчить давление неплатежей за выполненные работы и услуги. Учитывая недозагруженность производственных мощностей, свободные площади цехов, необходимость создания новых рабочих мест, требуется разработать согласованную в рамках отрасли программу действий, увязанную с проводимой программой конверсии, со смягчением социальной напряженности.

Министра В.Н. Михайлова как-то спросили: «Вы оптимист?» Ответ: «Безусловно. Даже в самые трудные минуты жизни нельзя опускать руки и смиренно ждать чего-то, нужно бороться и не сдаваться. Только тогда придет победа.» И далее: «Сегодня Россия переживает, может быть, самый сложный период в истории нашего поколения. Так давайте помнить, что все мы и каждый из нас несем груз ответственности. И поможем тем, кому этот груз не под силу. Мир прекрасен, и каждому дано познать счастье просто жить у мирного очага на родной земле.»

В небольшом по объему материале, конечно, не представляется возможным полностью осветить всю историю создания и развития строительной индустрии Минатома России. Ведь этой истории уже полвека. Но, думается, и изложенный материал дает представление о ее масштабах и возможностях.

Десятилетиями не одно поколение строителей, изо дня в день, часто в очень сложных условиях, выполняло серьезную и ответственную работу для того, чтобы строительной индустрии Минатома России стали по плечу работы практически любой сложности.

Авторы выражают свою признательность начальнику Департамента проектирования, инвестиций и строительства А.И. Барановскому, генеральному директору АО «Атомстрой» К.Н. Москвину, генеральному директору АО «Спецатоммонтаж» В.А. Шиленко, начальнику ЦУ ВСЧ генерал-майору В.П. Берчику за оказанную помощь в предоставлении материалов по истории создания строительной индустрии Минатома России.

XI. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА И КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объединенный институт ядерных исследований

В. А. Бирюков, А. В. Жаковский

40 лет назад 26 марта 1956 г. в Москве Полномочные Представители правительств стран социалистического содружества подписали Соглашение о создании первого международного научного центра этих стран — Объединенного института ядерных исследований. Главной целью этого акта являлось объединение усилий для совместного выполнения фундаментальных исследований в области ядерной физики и изыскание новых возможностей использования энергии в мирных целях на благо всего человечества.

Необходимость создания института определялась крупными событиями 50-х годов, началом практического использования ядерной энергии в мирных целях, в 1954 г. в СССР была введена в эксплуатацию первая в мире АЭС, в том же году была создана Европейская организация ядерных исследований — ЦЕРН — для консолидации усилий западноевропейских стран в изучении фундаментальных свойств материи, в 1955 г. состоялась первая крупная международная конференция, посвященная проблемам мирного использования атомной энергии, во многих странах начали создавать центры ядерных исследований, и Советский Союз взял на себя поставки исследовательских реакторов и ускорителей для оснащения национальных центров социалистических стран.

Развитие физических исследований привело к необходимости создания крупных физических установок, которые приобретали промышленные размеры: их сложность и стоимость быстро росли, для обработки все возрастающего объема экспериментальной информации требовались большие научные коллективы. Следует отметить, что Советский Союз располагал тогда кадрами специалистов, а также техническим и промышленным потенциалом, позволявшими вести исследования в области ядерной физики на высоком уровне, и накопленный здесь опыт был необходим другим

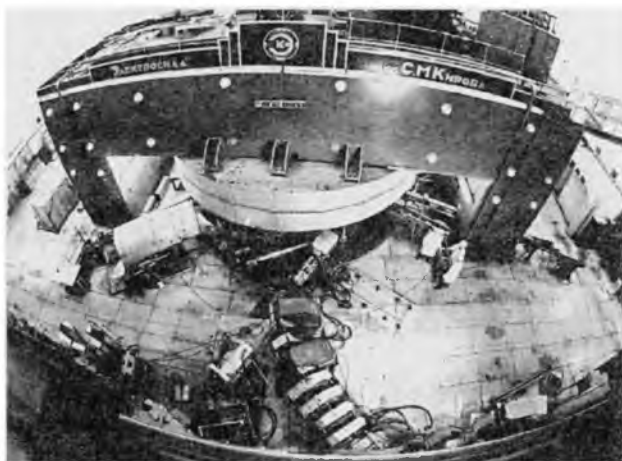
странам социалистического содружества, начавшим работы в этой области. Все это привело к решению об организации ОИЯИ.

Правительство СССР, выступившее инициатором создания Института, передало в его ведение две научно-исследовательские организации Академии наук СССР, расположенные в подмосковном городе Дубне. В одной из них действовал крупный ускоритель протонов — 6-метровый синхроциклотрон на энергию 680 МэВ, а в другой заканчивалось строительство крупнейшего тогда ускорителя — синхрофазотрона на энергию 10 ГэВ. Это дало возможность ученым нового института сразу же начать многие актуальные исследования. Одновременно началась организация трех новых лабораторий, позднее были созданы еще две лаборатории.

На Московском совещании была избрана международная дирекция нового института: директор Д.И. Блохинцев (СССР) и вице-директора В. Вотруба (Чехословакия) и М. Даныш (Польша), осенью 1956 г. на первом заседании Комитета полномочных представителей правительств стран-участниц в Дубне был принят Устав объединенного института.

История становления ОИЯИ связана с именами таких крупнейших ученых и руководителей науки, как А.П. Александров, Д.И. Блохинцев, Н.Н. Боголюбов, В.И. Векслер, И.В. Курчатова, А.Л. Минц, А.М. Петросьянц, Д.В. Скобельцин, Е.П. Славский, И.Е. Тамм, А.В. Топчиев (СССР), Л. Инфельд, Г. Неводничанский (Польша), Х. Хулубей (Румыния), Л. Яноши (Венгрия) и др.

В формировании основных научных направлений и развитии института принимали участие выдающиеся физики: А.М. Балдин, Н.Н. Говорун, В.П. Джелепов, И. Звара, Д. Киш, Я. Кожешник, К. Ланиус, Ле Ван Тхием, А.А. Логунов, М.А. Марков, В.А. Матвеев, М.Г. Мещеряков, Г. Наджаков, Нгуен Ван Хьеу, Л. Пал, Г. Позе, Б.М. Понтекорво, В.П. Саранцев, Н. Содном, А. Сэндулеску, А.Н. Тавхелидзе,



Первый ускоритель Дубны — фазотрон

И. Урсу, Г.Н. Флеров, И.М. Франк, Х. Христов, А. Хрынкевич, Ш. Цицейка, И. В. Чувило, Ф.Л. Шапиро, Д.В. Ширков, а также в последующие годы В.Л. Аксенов, Ц. Вылов, В.Г. Кадышевский, Ю.Ц. Оганесян, Р. Позе, Н.А. Русакович, И.А. Савин, А.Н. Сисакян и др.

За 40 лет своей деятельности институт вырос в крупнейший международный центр, известный во всем мире. Здесь сформировался высококвалифицированный интернациональный коллектив ученых и специалистов, создана крупная экспериментальная база и мощный измерительно-вычислительный комплекс, построены лабораторные здания, вокруг института вырос большой город.

Сегодня 6-тысячный коллектив (вместе с обслуживающими подразделениями) объединенного института составляют граждане 18-ти стран-участниц: Азербайджана, Армении, Беларуси, Болгарии, Социалистической республики Вьетнам, Грузии, Казахстана, Корейской народно-демократической Республики, Кубы, Молдовы, Монголии, Польши, Российской Федерации, Румынии, Словакии, Узбекистана, Украины, Чехии. Ученые Института внесли большой вклад в современную ядерно-физическую науку, они явились инициаторами новых научных направлений, разработали новые методы исследований и открыли новые физические явления, создали и укрепили научный авторитет ОИЯИ.

Одновременно с организацией Объединенного института ядерных исследований здесь начал формироваться коллектив физиков-тео-

ретиков. В настоящее время институт стал одним из крупнейших успешно работающих центров исследований в области теоретической физики. Учеными института высказаны и развиты основополагающие идеи в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и атомного ядра, теории конденсированных сред.

Отличительная черта дубненских теоретиков — сочетание физических идей и строгости математического исследования. В сферу их интересов входят практически все современные разделы квантовой теории поля и частиц, теории фундаментальных взаимодействий. Широко признаны полученные в ЛТФ результаты по теории перенормировок и методу ренормгруппы, дисперсионным соотношениям, кварковым моделям и спектроскопии адронов, теории суперсимметрии, квантовой хромодинамике и теории электрослабых взаимодействий, здесь выполнены работы по выводу квазипотенциальных уравнений и их применению ко многим задачам физики частиц; дана последовательная формулировка квантовой теории поля с фундаментальной длиной, опирающаяся на обобщенный принцип калибровочной инвариантности; ведутся исследования по теории нелинейных уравнений и теории струн, по топологическим теориям и новым квантовым симметриям.

Теоретики участвуют в формировании физических программ, обработке и интерпретации данных экспериментов на крупнейших ускорителях, внесены оригинальные предложения по изучению свойств нейтрино, структурных функций адронов и ядер, поиску экзотических мультикварковых и гибридных состояний, дибарионов; ведутся расчеты радиационных поправок в электрослабых процессах, с различных точек зрения рассматриваются спиновые явления при высоких энергиях.

Продолжаются работы по релятивистской теории связанных состояний и резонансов, спектроскопии адронов в рамках кварковой модели и эффективных киральных лагранжианов, по феноменологическим моделям низкоэнергетической адронной физики и множественного рождения частиц. Развиваются новые методы применения квантовой хромодинамики к процессам с адронами и фотонами с учетом спина и масс кварков. Наряду с этим исследуются самые общие вопросы построения

расширенных теорий суперсимметрии и гравитации, выхода за рамки стандартной модели, разрабатываются непertурбативные методы в квантовой теории поля, начаты работы по квантовой гравитации и космологии.

Первоначальный импульс работам по теории ядра был дан основополагающими работами Н.Н. Боголюбова по теории сверхпроводимости. Созданные им методы были успешно использованы для построения микроскопической теории ядра, развитие которой и сейчас является важной составной частью исследований дубненских теоретиков, им удалось понять сложную картину низколежащих состояний деформированных атомных ядер, внести существенный вклад в теорию ядерных колебаний и вращения, в теорию деления, заложить фундамент известной модели взаимодействующих бозонов. В институте сложились свои оригинальные направления исследования малочастичных систем и связанных с ними вопросов математической физики.

В последние годы интересы теоретиков-ядерщиков сместились в область ядерных состояний при экстремальных значениях углового момента, деформации, энергии возбуждения. Здесь микроскопические модели сменяют феноменологические, создавая единую картину ядерных процессов, в том числе и в непрерывном спектре состояний. Ведутся разработки механизмов ядерных реакций. В них используются методы сильной связи каналов, учитывающие одно- и многоступенчатые процессы, кинетические уравнения, модели внутриядерных каскадов. Большое внимание уделяется исследованиям взаимодействия частиц и ядер с ядрами. Это вызвано интригующими вопросами, связанными не только с проявлением специфической коллективизации и экзотикой нуклонных состояний, но и с ролью мезонных и кварковых компонентов ядер в различных процессах, а также с теоретическим анализом возможных фазовых переходов в ядерном веществе и характера сигналов об их проявлении.

По инициативе Н.Н. Боголюбова в институте появилась новая научная проблематика, связанная с развитием методов статистической механики. В этой области ведутся работы по описанию статистических систем и применению статистических методов для изучения свойств конденсированных сред и ядерной материи. На



Ускоритель релятивистских и поляризованных ядер — синхрофазотрон

протяжении ряда лет изучаются модели, предназначенные для описания равновесных и неравновесных фазовых переходов, разрабатываются методы исследования свойств кристаллов, жидкостей, магнетиков, сегнетоэлектриков и сверхпроводников. Предложены новые модели для объяснения явлений сверхтекучести и сверхпроводимости, позволяющие исследовать природу высокотемпературной сверхпроводимости, развиты методы анализа неравновесных фазовых переходов, когерентных явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитных волн с конденсированными средами.

Экспериментальные исследования в области физики высоких энергий — одно из главных направлений работ в институте. Его основу составляет изучение структуры элементарных частиц и свойств их взаимодействия, динамики множественного рождения частиц и их резонансных состояний, а также проблем релятивистской ядерной физики. Тематика этих исследований определялась необходимостью получения информации для решения основных проблем теории фундаментальных взаимодействий. Созданная в институте оригинальная экспериментальная аппаратура, в том числе крупные современные установки, дала возможность вести опыты не только на синхрофазотроне в Дубне, но и на ускорителях других научных центров: Института физики высоких энергий (Протвино, СССР), Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария) и Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (Батавия, США) и др.



Новый ускоритель Дубны — нуклотрон

В своих исследованиях, проведенных в широкой области энергий, ученые института обнаружили новые свойства реакций упругого рассеяния частиц, позволившие проверить ряд фундаментальных представлений современной физики. В работах по изучению образования странных частиц открыта новая частица — антисигма-минус-гиперон. Экспериментально обнаружено новое физическое явление — прямой переход фотона в векторный мезон, что подтвердило одну из важных теоретических моделей — векторную доминантность. При изучении прохождения заряженных частиц через монокристаллы открыто явление каналирования частиц в деформированных кристаллах.

В экспериментах на серпуховском ускорителе доказано существование ядер антитрития, изучены свойства K -мезонов, процессы рождения и распада резонансов с участием странных частиц. Интересные результаты получены при исследовании поляризационных явлений в рассеянии мезонов и протонов, впервые наблюдались ультррелятивистские позитронии. Многие работы связаны с изучением кварковой структуры частиц, поиском новых короткоживущих частиц с квантовым числом «шарм».

Осуществив на синхрофазотроне ОИЯИ ускорение легких ядер, физики начали исследования в новом научном направлении — релятивистской ядерной физике. Обнаружено и исследовано новое физическое явление — кумулятивное рождение частиц, предложена и исследована универсальная характеристика атомного ядра кварк-партоновая структурная функция, получены доказательства существования в ядрах мультикварковых состояний. Предложен количественный критерий границы применимости протон-нейтронной модели ядра.

В настоящее время исследование взаимодей-

ствий релятивистских ядер с энергией от нескольких сотен мегаэлектронвольт до нескольких тераэлектронвольт на нуклон связано с изучением кварковых и глюонных степеней свободы в ядрах, поиском асимптотических закономерностей в поведении ядерной материи при высоких энергиях столкновений, а также изучением спиновой структуры легких ядер.

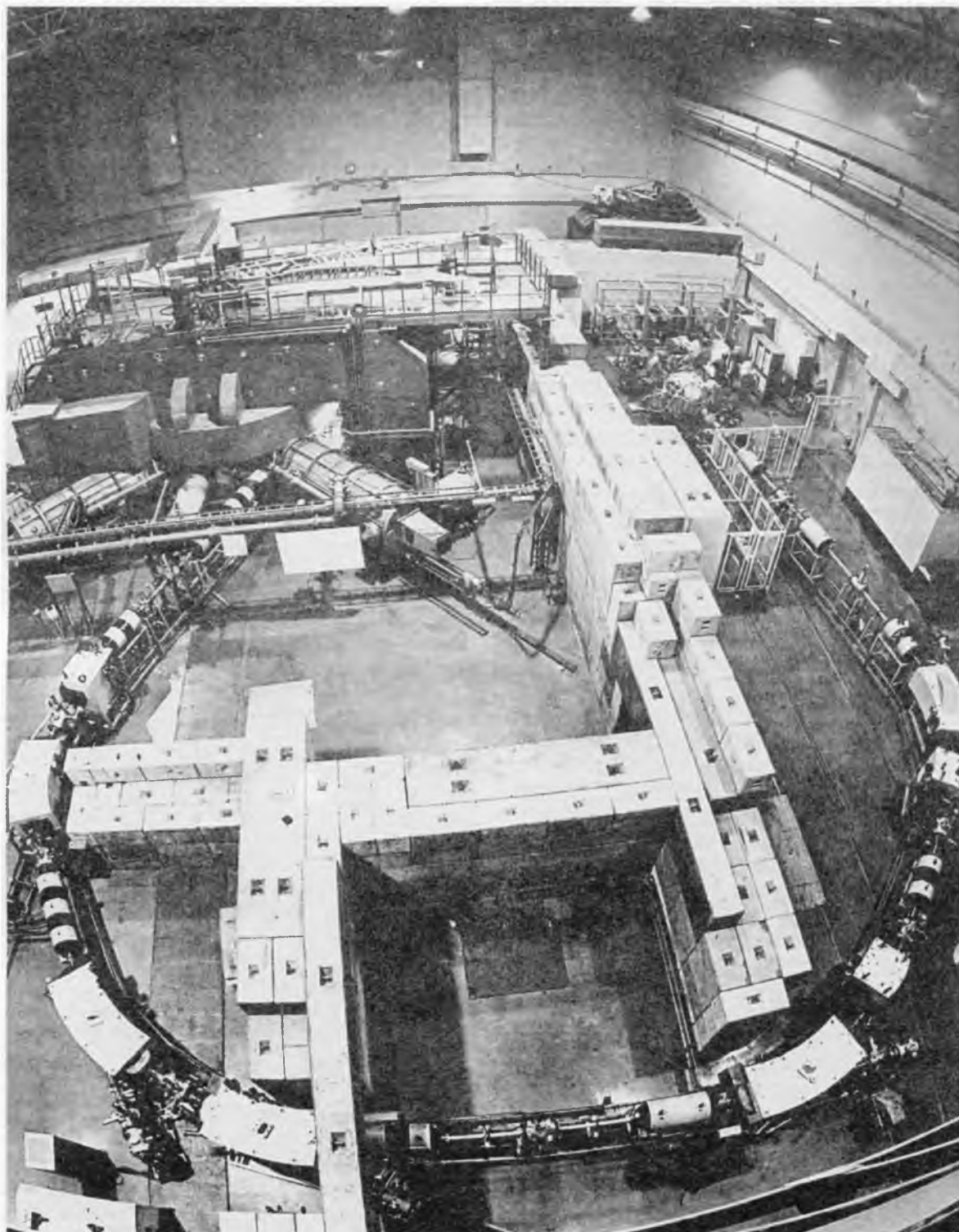
Первые исследования в области физики элементарных частиц начались на старейшем ускорителе Дубны — синхроциклотроне — при энергиях протонов до 680 МэВ, теперь эти энергии называют средними. На синхроциклотроне было изучено упругое рассеяние неполяризованных и поляризованных нуклонов, а также процессы рождения π -мезонов. Это позволило проверить справедливость основных законов симметрии ядерных сил в сильных взаимодействиях: зарядовую симметрию и зарядовую независимость, T -инвариантность. При исследовании взаимодействия нуклонов и мезонов открыты явления резонансного поглощения мюонов, двойной перезарядки пионов.

В области слабых взаимодействий открыт β -распад π -мезона, выполнены прецизионные измерения времени жизни μ -мезона, позволившие значительно увеличить точность определения константы слабых взаимодействий, исследования редких процессов подтвердили справедливость основных положений теории универсального слабого взаимодействия. Ученые института обосновали возможность существования двух типов нейтрино — мюонного и электронного — и предложили эксперимент по обнаружению мюонного нейтрино.

В работах на синхроциклотроне родилось новое научное направление — мезохимия — исследование электронной структуры вещества с помощью мезонных пучков. Большой цикл исследований был посвящен изучению μ -мезонных процессов и мюонного катализа реакций синтеза двух ядер дейтерия или ядер дейтерия и трития.

В течении многих лет на синхроциклотроне велись исследования в области ядерной спектроскопии, в которых открыто более 100 новых радиоактивных нуклидов, изучены схемы распадов и квантовые характеристики многих десятков атомных ядер. Для высоточных спектроскопических исследований создан комплекс ЯСНАПП-2.

Мощные ускорители многозарядных ионов,



Канал транспортирования выведенного пучка ионов из ускорителя У-400М к установке ФОБОС



Регламентная работа на реакторе ИБР-2 по догрузке активной зоны

построенные в Дубне, обеспечивают получение интенсивных пучков в широком диапазоне масс и энергий. Это позволило ученым института развернуть исследования в одном из быстро развивающихся направлений современной ядерной науки — физике тяжелых ионов. Большие успехи достигнуты в работах по синтезу новых элементов и изучению их свойств. Комиссия ИЮПАП и ИЮПАК признала приоритет дубненских ученых в открытии элементов 102—105 и отметила большой вклад ОИЯИ в открытие элементов 106—108. Элементу 104 предложено дать название дубний (Db). С использованием экспрессных методов газовой термохроматографии и водной химии изучаются химические свойства короткоживущих элементов с $Z = 104—106$.

В ходе этих работ были открыты новые ви-

ды радиоактивного распада ядер. Один из них — спонтанное, с аномально коротким периодом деления ядер трансурановых элементов, находящихся в изомерном состоянии, которое отличается от основного большой деформацией ядра. Другой — запаздывающее деление ядер из возбужденных состояний, образующихся после β -распада, — испытывают нейтроноизбыточные и нейтронодефицитные изотопы трансурановых элементов. Экспериментально обнаружен спонтанный распад тяжелых ядер с испусканием ядер неона, это подтвердило предсказанное ранее существование нового типа радиоактивности — эмиссии тяжелых кластеров.

Результаты исследования закономерностей спонтанного деления и α -распада тяжелых трансураниевых элементов стимулировали развитие нового направления экспериментов по синтезу на ускорителях и поиску в природе сверхтяжелых элементов с атомными номерами 110—116. Природными образцами в этих работах служат различные минералы и руды, железомарганцевые конкреции, геотермальные воды, осколки метеоритов.

В течение многих лет в опытах на ускорителях исследуется механизм взаимодействия сложных ядер. Изучение многонуклонных передач в ядерных реакциях привело к открытию нового класса реакций между сложными ядрами — класса глубоконеупругих передач. В таких реакциях синтезировано около тридцати новых изотопов легких элементов с очень большим избытком нейтронов. Исследован новый вид ядерных реакций — «холодная» передача нуклонов.

Уникальные импульсные, периодического действия, реакторы на быстрых нейтронах, построенные в Дубне, послужили базой для проведения широкого круга исследований в области физики конденсированных сред и ядерной физики. В работах по нейтронной спектроскопии ядер получены подробные данные о свойствах индивидуальных ядерных уровней, особенно об их спиновых и радиационных ширинах, имеющие большое научное и прикладное значение. Для делящихся ядер измерены ядерные константы, используемые в реакторостроении.

Благодаря использованию разработанного в ОИЯИ оригинального метода получения поляризованных пучков резонансных нейтронов, а

также поляризованных ядерных мишеней были широко развернуты исследования поляризационных эффектов в реакции с нейтронами. Так, в поляризованных пучках прямым методом измерены спины компаунд-уровней ядер, исследовано нарушение пространственной четности в нейтронных резонансах и др.

Одно из новых направлений — исследование сверхтонких взаимодействий в атомах, содержащих ядра в высоковозбужденных состояниях. Здесь получены интересные новые данные о нейтронных резонансах, в том числе их магнитных моментах, об изменении радиусов ядер при их возбуждении. В течение многих лет успешно ведутся эксперименты по изучению редких процессов α -распада компаунд-состояний различных ядер и радиационного захвата нейтронов ядрами.

Ученые института впервые осуществили опыты по получению и хранению ультрахолодных нейтронов в закрытых сосудах в течение многих сотен секунд. Эти результаты важны для изучения фундаментальных свойств нейтронов, а также для применения их в нейтронной оптике, физике твердого тела и физике элементарных частиц. Важное значение для квантовой теории имеют экспериментальные результаты исследования с помощью тепловых нейтронов явления бозе-конденсации в сверхтекучем гелии.

Импульсные реакторы ОИЯИ оказались весьма эффективным инструментом для исследования конденсированных сред, и эта тематика занимает все большее место в научной программе института. Нейтронография конденсированных сред признана одним из наиболее эффективных и прямых методов экспериментального исследования микроскопических свойств твердых тел, жидкостей, растворов, а также биологических объектов. Созданная в институте физическая аппаратура позволила получить ценные данные, новые по сравнению с классическим рентгеноструктурным исследованием. Проведены фундаментальные исследования структур высокотемпературных сверхпроводников и процессов, происходящих при их образовании. Ведутся прецизионные исследования структуры кристаллов, фазовых переходов в кристаллах, переходных процессов.

В последние годы начались эксперименты по изучению дифракции на образцах, находящихся под воздействием высокого давления.



Дубна, 18 июня 1970 г. Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между ГКАЭ СССР и ОИЯИ подписали председатель Госкомитета А.М. Петросьянц и директор ОИЯИ Н.Н. Боголюбов

Одним из бурно развивающихся методов исследования твердых тел, жидкостей и пленок является нейтронная рефлектометрия.

С помощью нейтронных пучков реактора решаются задачи радиационного анализа в охране окружающей среды, а также нейтронографических методов неразрушающего технологического контроля материалов.

Ведущиеся в институте ядерно-физические исследования потребовали использования высокопроизводительной вычислительной техники и автоматизированных систем обработки экспериментальной информации. Для этих целей в ОИЯИ создан мощный измерительно-вычислительный комплекс, который включает многомашинный Центральный вычислительный комплекс института с графическим центром, локальные измерительно-вычислительные центры в лабораториях и подразделениях, средства компьютерной и терминальной связи. Вычислительные машины ЦВК предназначены для выполнения сложных расчетов и обработки большого объема информации, получаемой в опытах на ускорителях и реакторах. Машины измерительно-вычислительных центров лабораторий используются в системах управления работой крупных физических установок, сканирующих устройств, в системах накопления и предварительной обработки экспериментальной информации, в том числе в реальном времени проведения измерений. Средства вычислительной техники лабораторий и подразделений института, в том числе терминалы и удаленные станции ввода-вывода информации на рабочих местах физиков, вклю-

чены в сети JINET (Joint Institute NETwork) и ETNERNET.

Локальная сетевая инфраструктура ОИЯИ подключена к международным сетям через выделенные и коммутируемые наземные и спутниковые каналы связи. Каналы работают по международному протоколу и предоставляют средства удаленного входа в ЭВМ, обмена электронной почтой, материалами телеконференций, файлами данных и программами.

Успешному функционированию комплекса способствует развитая система математического обеспечения, которая включает, помимо традиционных систем программирования, различные прикладное программное обеспечение, используемое в физических центрах для проведения экспериментальных и теоретических исследований, в том числе пакеты программ для анализа и управления данными, моделирования электронных экспериментов, поддержки больших программных комплексов и др.

Большое внимание в институте уделяется также развитию математических методов решения физических задач. Здесь разработаны численные методы и созданы системы программ для решения задач в области ускорительной техники, физики плазмы, планирования эксперимента, статистического моделирования сложных физических процессов, теории ядра, теории элементарных частиц и др.

Широкую известность приобрела институтская школа в области вычислительной математики, проводящая исследования в современных перспективных направлениях, в том числе в компьютерной алгебре. Ведется разработка алгоритмов и методов, в частности для решения нелинейных интегро-дифференциальных уравнений.

Базу для экспериментальных исследований в ОИЯИ составляют ускорители заряженных частиц и исследовательские импульсные реакторы. Поэтому, естественно, то большое внимание, которое уделяется в институте созданию новых систем и усовершенствованию имеющихся установок. Так, в процессе эксплуатации синхрофазотрона на энергию 10 ГэВ, который был запущен в 1957 г., непрерывно проводилось совершенствование его узлов, создавались новые инжекционные системы для расширения экспериментальных возможностей, разработан набор ионных источников (электронно-лучевой, лазерный, поляризованных

дейтронов). Впервые осуществлен вывод ускоренного пучка из циклического ускорителя с помощью изогнутого кристалла.

«Второе рождение» синхрофазотрон получил в результате ускорения релятивистских, а затем и поляризованных дейтронов, при развале которых получены пучки квазимоноэнергетических поляризованных нейтронов и протонов.

В последние годы учеными института сделан новый крупный шаг в ускорительной технике — разработан модельный сверхпроводящий синхротрон, а затем на его опыте сооружен новый релятивистский ускоритель ядер со сверхпроводящими обмотками магнитов нуклотрон. Он введен в действие в 1993—1994 гг.

В институте выполнен широкий цикл теоретических и экспериментальных исследований новых типов сильноточных ускорителей, сооружен исследовательский электронный кольцевой циклотрон с жесткой фокусировкой. Синхроциклотрон на энергию протонов 680 МэВ, запущенный в 1949 г. и служивший экспериментальной базой института для физических исследований с момента образования ОИЯИ до 1979 г., был реконструирован в фазотрон с пространственной вариацией магнитного поля. Все основные узлы ускорителя (кроме магнитопровода и некоторых технологических систем), отслужившие свой срок, были изготовлены заново на современном технологическом уровне. В 1984 г. фазотрон был запущен, его конструкция обеспечила увеличение интенсивности внешних пучков протонов, а также нейтронов и мезонов.

Широкое развитие в институте получила техника ускорения тяжелых ионов. Здесь созданы циклотроны для ускорения многозарядных ионов, отличающиеся высокой интенсивностью пучков и широким диапазоном ускоряемых ионов: вслед за классическим циклотроном У-300 (1960 г.) был создан двухметровый изохронный циклотрон У-200, который послужил моделью для построенного позднее мощного циклотрона У-400.

В 1993 г. закончена реконструкция У-300 в изохронный циклотрон У-400М, и ускорены ионы легких элементов от гелия до аргона с энергией до 50 МэВ/нуклон (максимальная энергия 100 МэВ/нуклон). Проект дальнейшего развития комплекса связан с получением пучков радиоактивных ядер в тандемном ре-

жиме ускорителей У-400 + У-400М и созданием накопительного кольца как третьей ступени.

С первых лет существования ОИЯИ начались работы по созданию исследовательских импульсных реакторов на быстрых нейтронах. С запуском в 1960 г. первого реактора ИБР была успешно реализована идея создания принципиально нового источника нейтронов для исследований в области ядерной физики. В процессе совершенствования и развития экспериментальной базы в институте был создан нейтронный источник высокого разрешения ИБР-30 (1969 г.) с линейным электронным ускорителем в качестве инжектора, а в 1964 г. введен в эксплуатацию высокопоточный реактор ИБР-2, являющийся сейчас главной базовой установкой для нейтронных экспериментов (средняя мощность реактора 2 МВт, пиковая мощность 1500 МВт).

Перспектива фундаментальных исследований связана с реализуемой в Институте программой создания современных базовых установок. В 1994 г. началась реализация проекта ИРЕН, направленного на создание высокопоточного импульсного источника резонансных нейтронов. Разрабатываются проект с-тау-фабрики — электрон-позитронного коллайдера с универсальным детектором и проект специализированного источника синхротронного излучения.

Успех многих экспериментов обусловлен своевременной разработкой оригинальных методов и созданием эффективной аппаратуры. В институте разработан новый тип ядерных мишеней — сверхзвуковая струя газообразного вещества (водорода, дейтерия, гелия), проходящая через вакуумную камеру ускорителя. Большой объем экспериментальной информации получен на крупных пузырьковых камерах: жидководородных, пропановых, ксеноновой, помещенных в магнитное поле. Для опытов на ускорителях ОИЯИ и других центров созданы большие магнитные спектрометры, в которых используются искровые, пропорциональные и дрейфовые камеры, сцинтилляционные годоскопы, сложные электронные схемы; аппаратура работает на линии с ЭВМ. Для экспериментов на действующих и строящихся ускорителях создаются универсальные детекторы, ориентированные на широкий круг задач современной физики. Это новые типы га-

зовых и полупроводниковых детекторов частиц, электромагнитные и адронные калориметры разных типов, детекторы мюонов с высоким пространственным и временным разрешением и другие.

Широкое развитие получила в институте криогенная техника. Созданы высокопроизводительные установки для ожжижения газов, мишени с жидкими водородом, дейтерием и гелием размером до 3 м, упомянутые струйные мишени, криогенные системы пузырьковых камер. Для получения сверхнизких температур разработаны оригинальные установки с высокой холодопроизводительностью на основе растворения гелия-3 в гелии-4. На их базе созданы поляризованные водородные и ядерные мишени.

Исследования в области ядерной спектроскопии ведутся на комплексе ЯСНАПП-2 с помощью современных альфа-, бета- и гамма-спектрометров; радиохимическая «полугорячая» лаборатория позволяет обрабатывать высокоактивные образцы.

Для работ по синтезу новых элементов, изучению химии новых трансфермиевых элементов и радиоактивного распада тяжелых ядер используется комплекс многопараметровых специализированных детекторных систем, обеспечивающих высокоточные измерения времени жизни и характеристик распада ядер. Методы газовой термохроматографии и водной химии применяются для изучения химических свойств короткоживущих трансактиноидных элементов.

Для экспериментов на пучках импульсного реактора созданы дифрактометры разных типов, установка малоуглового рассеяния, спектрометры обратной геометрии и поляризованных нейтронов. Всевозрастающее внимание уделяется разработке стандартной регистрирующей и управляющей электронной аппаратуры, а также развитию измерительных центров лабораторий ОИЯИ. Центры оснащены аппаратурой для накопления и анализа экспериментальной информации, системами электронных вычислительных машин.

Основная задача ученых института — проведение фундаментальных исследований в области ядерной физики. Однако развитие ускорительной техники, методов детектирования частиц и электронной техники нередко дает возможность эффективно решать важные задачи в

области медицины, биологии, геологии, различные технические проблемы. Так, на специально сформированных пучках протонов и π -мезонов на синхроциклотроне сотрудники Онкологического научного центра АМН СССР совместно с физиками ОИЯИ ведут работы, связанные с лечением злокачественных опухолей у человека. В институте разработана методика получения радиоактивных изотопов, отличающихся хорошими характеристиками и высокой радиоизотопной чистотой.

Применяемые физиками методы регистрации тяжелых заряженных частиц с помощью полимерных пленок нашли эффективный выход в промышленную практику: облучением пленок ускоренными тяжелыми ионами получают ядерные фильтры, которые имеют ценные качества и могут быть использованы для очистки жидкостей и газов, стерилизации продуктов, очистки медицинских препаратов и др. Разработаны методы радиоизотопного и рентгенофлуоресцентного анализа с использованием различных источников радиоактивного излучения, применяемые в геологии, медицине, биологии и др.

С помощью импульсных пучков нейтронов от реакторов ОИЯИ исследуют макроскопическую структуру объектов, в том числе биологических макромолекул. Разработан метод изучения тонкой анатомической структуры объекта с помощью ускоренных на синхрофазотроне пучков α -частиц и ионов гелия — ионная радиография. Один из детекторов — многопролочная пропорциональная камера — используется в молекулярной биологии для обработки тонкослойных радиохроматограмм неразрушающим методом.

Результаты 40-летней научно-исследовательской деятельности коллектива института получили заслуженно высокую оценку мировой научной общественности. Около 40 работ ученых ОИЯИ зарегистрированы как открытия, сотрудниками института сделано более 1000 изобретений, около 200 монографий, посвященных актуальным проблемам современной физики, написали ученые института, ежегодно публикуется около 1000 научных статей, докладов на конференциях с результатами работ, выполненных в ОИЯИ. Многие научные достижения института удостоены национальных премий стран-участниц, премий и медалей академий наук и других наград.

Вся деятельность Объединенного института строится на основе широкого и разностороннего международного сотрудничества с научно-исследовательскими центрами, университетами и другими организациями. Главное направление в этом сотрудничестве — совместные научные работы ученых ОИЯИ и их коллег из стран-участниц, которые в настоящее время ведутся практически по всей тематике института, в них участвует около 200 организаций стран-участниц. На основе кооперирования проводятся теоретические и экспериментальные исследования, создается физическая аппаратура, организуются международные конференции, совещания и школы. Некоторой характеристикой масштабов этого сотрудничества могут служить поездки ученых в связи с проведением совместных работ: ежегодно в Дубну из стран-участниц приезжает более 600 специалистов, около 500 человек в год выезжает из ОИЯИ в национальные центры.

Целый ряд перспективных научных направлений ОИЯИ осваивается в сотрудничестве с институтами и организациями Минатома России и Российской академии наук при активной поддержке руководства министерства и академии. Успехи института в большой степени обусловлены его сотрудничеством с Российским научным центром «Курчатовский институт» (Москва), Институтом ядерной физики (Гатчина), Институтом теоретической и экспериментальной физики (Москва), Институтом ядерных исследований (Троицк), Физическим институтом РАН (Москва), Институтом ядерной физики (Новосибирск). Соглашение между ОИЯИ и Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР открыло перед учеными института большие возможности для проведения исследований на крупнейшем советском ускорителе в Институте физики высоких энергий (Протвино).

Современные физические установки ОИЯИ, работающие на пучках ускорителей в Дубне и Протвино, явились источниками большого объема экспериментальной информации, в обработке которой участвуют вместе с учеными института специалисты национальных центров стран-участниц. Таким образом ускоряется получение результатов экспериментов. В то же время ученые из стран, где нет крупных ускорителей, имеют возможность участвовать в важных физических исследова-

ниях, привлекать к работе сотрудников университетов, обучать студентов.

Деятельность института сильно повлияла на развитие фундаментальных исследований в области ядерной физики в странах-участницах. Возникли новые ядерно-физические центры, институты, лаборатории, они оснащаются крупными физическими установками. Ими руководят или в них работают ученые, получившие опыт работы в объединенном институте. Это, в свою очередь, расширяет и углубляет научные и технические связи ОИЯИ с национальными организациями стран-участниц.

ОИЯИ поддерживает широкие научные связи с международными организациями и физическими центрами стран, не являющихся его членами. На протяжении многих лет ведется научное сотрудничество ОИЯИ, что способствует решению теоретических и экспериментальных задач физики высоких энергий. Успешно развивается, особенно в последние годы, научное сотрудничество со многими физическими центрами Германии, США, Франции, Италии, Швейцарии, Китая и других стран.

В соответствии с соглашениями между ОИЯИ и Федеральным министерством по образованию и науке Германии, а также Венгерской академией наук, немецкие и венгерские ученые работают в лабораториях института. Подписаны соглашения о совместных работах с комиссариатом по атомной энергии Франции, с Институтом DESY (Германия), научными центрами США — LBL, FNAL, BNL, Институтом Винча и Институтом физики (Югославия) и многими другими.

Характерным примером современного научного сотрудничества может служить широкая коллаборация сотен ученых из десятков научных центров разных стран, связанная с проектом LHC — строительством в ЦЕРН суперускорителя — большого адронного коллайдера. Этот проект нацелен на XXI век. Ученые и специалисты практически всех лабораторий и опытного производства ОИЯИ участвуют в подготовке экспериментов, изготовлении детекторов по проектам ATLAS, CMS, ALICE, а также в разработке отдельных узлов ускорителя.

Для успешного развития современной физической науки большое значение имеет широкий обмен информацией о результатах научных исследований. Работы сотрудников ин-

ститута публикуются в научных журналах и многих других изданиях различных стран мира. Ученые более 50 стран получают оперативную информацию о деятельности ОИЯИ и направляют в Дубну свои сообщения. ОИЯИ является организатором многих международных совещаний ученых и специалистов. Ежегодно проводится несколько крупных конференций, симпозиумов и школ-семинаров, а также более 20 научно-методических и организационных совещаний. Традиционными стали проводимые в ОИЯИ школы молодых ученых.

Объединенный институт по праву заслужил авторитет школы высшей квалификации для ученых и специалистов из стран-участниц. Научные коллективы в институте возглавляют известные ученые, в настоящее время в ОИЯИ работают 6 действительных членов и 7 членов-корреспондентов академий наук, более 200 докторов и 640 кандидатов наук. В Дубне созданы хорошие условия для творческого роста ученых: передовой современный уровень проводимых исследований и возможность использования уникальной техники, работа вместе с высококвалифицированными специалистами и научный демократизм, творческая атмосфера поиска. Несколько тысяч ученых и инженеров из многих институтов стран-участниц прошли школу ОИЯИ, многие из них возглавили большие исследовательские коллективы и научные направления.

Огромный научный потенциал института создал прекрасные условия для подготовки в Дубне молодых специалистов, воспитания талантливой молодежи. Более 30 лет в Дубне действует филиал МГУ. В 1991 г. создан Учебно-научный центр ОИЯИ, где студенты старших курсов ряда вузов России завершают обучение под руководством ведущих ученых с использованием практикума в его лабораториях. С 1995 г. в институте работает аспирантура.

Несколько лет назад в институте приступили к реализации концепции развития, нацеленной на постепенное превращение ОИЯИ в международный центр, в котором фундаментальная наука и инженерно-методические разработки сочетаются с образованием. По инициативе дирекции ОИЯИ при активной поддержке Академии естественных наук России и администрации Московской области и Дубны создан и второй год успешно действует Международный университет «Дубна». Его цель —

добиться в образовании единства природы, общества, человека.

На протяжении 40 лет деятельность Института неизменно привлекает внимание международной общественности. Институт посетили выдающиеся ученые многих стран, крупные общественные и политические деятели, дипломаты и представители всех средств массовой информации, об институте и его ученых ежегодно публикуются десятки статей в газетах и журналах различных стран.

За успехи, достигнутые в фундаментальных и прикладных исследованиях в области физики элементарных частиц, большой вклад в подготовку высококвалифицированных научных кадров и развитие научно-технического сотрудничества с национальными центрами стран-участниц институт награжден четырьмя государственными наградами стран-участниц, многие ученые ОИЯИ удостоены государственных и академических наград.

40-летняя деятельность ОИЯИ явилась примером успешной интеграции творческих сил и материальных ресурсов стран-участниц в одной из важнейших областей современной науки. Большой опыт разносторонних международных связей и научного сотрудничества позволяет институту успешно выполнять роль координирующего центра во многих исследованиях, проводимых странами-участницами ОИЯИ.

Однако обеспечение успешной деятельности института требует большого напряжения в работе как администрации, так и всего коллектива. Сложившиеся в последние годы экономические трудности в странах-участницах ОИЯИ сказа-

лись и на положении института — в первую очередь это недофинансирование программы развития, недоплата долевых взносов и задержка их выплаты. Чтобы «смягчить» эти трудности, дирекция принимает меры в поисках новых (внебюджетных) источников поддержки научных программ института. К этому относятся взносы стран по отдельным соглашениям, гранты и госпрограммы, конверсионный фонд, а также доходы хозрасчетных подразделений и средства, зарабатываемые за счет привлечения промышленности. Институт стремится расширять и углублять связи с российским и зарубежным бизнесом с целью продвижения на мировые рынки высокотехнологической продукции и полнокровного финансирования фундаментальных исследований.

Несмотря на существующие серьезные трудности современный научно-технический потенциал ОИЯИ, а также высокая квалификация его специалистов и их научный энтузиазм, помогли институту сохранить свой международный престиж и продвинуться вперед в ряде научных направлений. Более того, созданы новые крупные базовые и экспериментальные установки, разрабатываются перспективные проекты. Следует отметить постоянную поддержку и помощь руководства Миннауки России, без которых многие достигнутые результаты были бы невозможны.

Сегодня ОИЯИ — это всемирно известный центр фундаментальных ядерных исследований, один из лидеров мировой науки, который объединяет ученых 18-ти стран и служит связующим звеном в науке между Западом и Востоком.

Институт физики высоких энергий (Возникновение, основные вехи, нынешнее состояние, перспективы)

Физика атомного ядра и элементарных частиц, физика высоких энергий после Второй мировой войны стала одним из бурно развивающихся направлений естественной науки — как в нашей стране, так и за рубежом. Это было обусловлено жизненной важностью ее практических приложений и перспектив, связанных с более глубоким пониманием строения материи и основополагающих сил природы.

Основным инструментом исследований глубинного строения материи, фундаментальных сил являются ускорители заряженных частиц, сооруженные в послевоенные годы во многих научных центрах СССР (Москва, Дубна, Новосибирск, Томск, Гатчина, Харьков, Ереван). Самый мощный из ускорителей протонов был заложен в поселке Протвино близ Серпухова, где был образован Институт физики высоких энергий (ИФВЭ).

Период создания протонного синхротрона ИФВЭ на энергию 70 ГэВ совпал с новым этапом познания строения материи. Совокупность знаний, полученных на ускорителях более низких энергий, привела ученых к выводу, что наблюдаемое многообразие элементарных частиц наиболее логично объясняется их сложным строением из ограниченного числа более фундаментальных «кирпичиков» материи. И уже первые результаты исследований на ускорителе ИФВЭ привели к открытию законов подобия в микромире.

Подводя некий итог исследований на У-70 с момента его ввода, можно отметить, что в проведенных 170 экспериментах выполнено 8 открытий, занесенных в государственный реестр:

1. «Экспериментальное установление неизвестного ранее явления образования антигелия-3 — антиядра с числом антипротонов больше единицы.

2. «Закономерность в энергетической зависимости полных сечений (Серпуховский эффект)».

3. «Закономерность масштабной инвариантности сечений образования адронов».

4. «Закономерность изменения радиуса сильного взаимодействия протонов при высоких энергиях».

5. «Явление потенциального рассеяния протонов высоких энергий».

6. «Явление образования элементарной частицы h -мезона».

7. «Явление фокусировки пучка заряженных частиц в однородном вдоль оси пучка переменном электрическом поле».

8. «Явление изменения знака поляризации протонов при их упругом рассеянии на протонах при высоких энергиях».

В исследованиях на ускорителе 70 ГэВ ИФВЭ обнаружено два антиядра: антигелий-3 (ядро содержит 2 антипротона и 1 антинейтрон и антитритий (ядро содержит 1 антипротон и 2 антинейтрона) и более 20 новых элементарных частиц, многие из которых уже вошли в мировые базы данных физики частиц. Большинство этих частиц обладает уникальными, принципиально новыми свойствами. Большой интерес для изучения строения материи представляет g -мезон, являющийся наиболее достоверным кандидатом в принципиально новый вид материи, построенной не из кварков, а из глюонов — частиц, ответственных за силы, удерживающие кварки внутри элементарных частиц. Многие частицы, открытые на ускорителе ИФВЭ, возможно построены как из кварков, так и глюонов (гибридные состояния).

В ИФВЭ выполнен ряд работ по методике физического эксперимента, физике пучков заряженных частиц и ускорительной технике на мировом уровне. Разработана и реализована методика годоскопических спектрометров типа ГАМС, созданы черенковские счетчики с рекордными разрешениями по скорости, крупнейший в мире спектрометр на жидком аргоне. Крупнейшим достижением ускорителя



Кольцевой зал протонного синхротрона ИФВЭ У-70 с энергией 70 млрд эВ. Введен в 1967 г.

тельной физики последних десятилетий является впервые разработанная и реализованная в ИФВЭ высокочастотная квадрупольная фокусировка (ВЧК-фокусировка), внедряемая в настоящее время в десятках лабораторий мира. Перспективным направлением физики пучков является также активно развиваемая в ИФВЭ методика управления пучками частиц высоких энергий изогнутыми монокристаллами. В ИФВЭ достигнуты значительные успехи в создании сверхпроводящих магнитных структур и сверхпроводящих СВЧ-резонаторов.

Работы сотрудников Института удостоены трех Ленинских премий в области науки и техники:

1970 год. «Разработка и ввод в действие протонного синхротрона ИФВЭ на энергию 70 ГэВ».

Лауреаты: А.А. Логунов (ИФВЭ), Р.М. Суляев (ИФВЭ), В.В. Владимирский (ИТЭФ), Д.Г. Кошкарёв (ИТЭФ), А.А. Кузьмин (МРТИ), И.Ф. Малышев (НИИЭФА).

1986 год. «Новый метод изучения множественного рождения частиц в сильных взаимодействиях (инклюзивные процессы) и открытие масштабной инвариантности в этих процессах — теоретические и экспериментальные исследования».

Лауреаты: С.П. Денисов (ИФВЭ), М.А. Мествиришвили (МГУ), Нгуен Ван Хьеу (Вьетнам), Ю.Д. Прокошкин (ИФВЭ).

1988 год. «Разработка и создание линейного ускорителя ионов нового типа с фокусировкой пучка квадрупольным высокочастотным полем».

Лауреаты: И.М. Капчинский (ИТЭФ), В.А. Тепляков (ИФВЭ).

Цикл этих работ также удостоен премии Американской ускорительной школы.

Пять Государственных премий СССР в области науки и техники:

1970 год. «Проектирование и создание инженерного комплекса Серпуховского протонного синхротрона ИФВЭ, включающего электромагниты, вакуумную систему, системы радиоэлектроники и специальные инженерные сооружения».

Лауреаты: Ю.М. Адо (ИФВЭ), Э.А. Мяз (ИФВЭ), С.Ф. Мальцев (УС-620), К.Н. Мещеряков (18ГУ), И.А. Мозалевский (НИИЭФА), С.Д. Николаев (монтажный трест), А.В. Попкович (НИИЭФА), А.С. Темкин (ВНИИМР), В.А. Титов (НИИЭФА), В.А. Уваров (РТИ), Ф.З. Ширяев (ГСПИ).

1970 год. «Разработка, сооружение и ввод в действие линейного ускорителя протонов на энергию 100 МэВ — инжектора Серпуховского протонного синхротрона».

Лауреаты: С.А. Ильевский (ИФВЭ), В.Г. Тишин (ИФВЭ), М.И. Басалаев, В.Г. Кульман, И.Х. Невяжеский, Б.П. Мурин, Б.И. Поляков (все РТИ), И.М. Капчинский, Н.В. Лазарев, В.К. Плотников (все ИТЭФ), Ю.П. Вахрушин, А.И. Солнышков (все НИИЭФА).

1973 год. «Фоторождение пи-мезонов на нуклонах».

Лауреаты: А.А. Логунов, Л.Д. Соловьев (ИФВЭ), М.И. Адамович, А.С. Белоусов, Б.Б. Говорков, А.И. Лебедев, Е.И. Тамм, С.П. Харламов (ФИАН), А.М. Балдин (ОИЯИ), А.Н. Тавхелидзе (ИЯИ).

1984 год. «Разработка и создание протонно-лучевых стендов СТОПРОБ, ПРОЛОГ, ПОЛОГ и ПРОБОТ для облучения опухолей и их использование в медицине».

Лауреаты: А.В. Агальцов (ИФВЭ) и др.

1984 год. *«Метод ренормализации группы в теории поля».*

Лауреаты: Н.Н. Боголюбов (ОИЯИ), А.А. Логунов (ИФВЭ), Д.В. Ширков (ОИЯИ).

Две премии Совета Министров СССР:

1984 год. *«Создание универсального измерительно-вычислительного комплекса и внедрение результатов его разработки в народное хозяйство».*

Лауреаты: Е.А. Алеев, А.А. Боровиков, А.Ф. Дунайцев, В.Д. Жильченков, А.А. Иванов, С.В. Клименко, Е.В. Крютченко, Ю.Я. Куркин, В.Д. Лонгинов, О.И. Михайлов, С.Г. Никитин, Б.А. Уточкин, П.В. Шляпников, В.А. Ярба (ИФВЭ), А.А. Васильев (ИГУ), А.И. Вагин, Л.Л. Лихтенбаум (МРТИ), Ю.С. Скворцов, К.Ю. Варуск (ЛОМО), П.Ф. Ермолов (НИИЯФ МГУ), В.А. Богаченко («ПЛАТАН», Фрязино), Ю.В. Найдин (ЭНИМС, Москва), В.В. Цыганенко (ПО «Кинескоп», Львов), А.Ф. Денисов, А.П. Черный (ВНИИРИП, Вильнюс).

1988 год. *«Разработка и внедрение в практику семейства унифицированных операционных систем для вычислительных комплексов общего назначения».*

Лауреаты: Л.А. Егошин (ИФВЭ) и др.

Ускоритель ИФВЭ в течение пяти лет (после его ввода в 1967 г.) был крупнейшим в мире ускорителем протонов. Это во многом определило то, что ИФВЭ стал одним из крупнейших научных центров исследований в области физики высоких энергий. На ускорителе ИФВЭ было развернуто широкомасштабное научно-техническое сотрудничество с участием ведущих институтов СССР, международных научных организаций (ОИЯИ, ЦЕРН), лабораторий и университетов Западной Европы, США и Японии.

Ученые ИФВЭ, выполняя широкую научную программу, не только продолжают исследования на своем ускорителе, но также совершенствуют его и ведут крупнейшую научную стройку России — создание ускорительно-накопительного комплекса (УНК), в котором воплощаются высочайшие научно-технические достижения многих предприятий Минатома.

Остановимся более подробно на истории создания флагмана отечественной физики высоких энергий — протонного синхротрона У-70 на энергию 70 ГэВ, неотделимой от истории самого ИФВЭ.



Канал транспортирования протонного пучка из ускорителя У-70 в первую ступень УНК (канал инжекции). Введен в 1994 г.

Продолжая познание окружающего мира, исследователи столкнулись с парадоксом. Чем более «мелкие» детали строения вещества им доводится изучать, тем большие по размерам физические приборы приходится создавать. Чтобы «разглядеть» внутреннее строение составляющих атомы элементарных частиц, которые тоже имеют свое внутреннее строение и свои загадки, пришлось создавать громоздкие электрофизические сооружения — ускорители заряженных частиц, которые стали микроскопами микромира. Управляемые пучки ускоренных частиц оказались наиболее подходящим «инструментом для операций» внутри атомов, атомных ядер и самих частиц. Для проникновения на столь малые расстояния оказалось необходимым сооружать ускорители на энергии десятки, сотни и даже тысячи гигаэлектронвольт. Так что отнюдь не случайно эта об-



Участок кольцевого тоннеля УНК, подготовленный к началу монтажа электрофизического оборудования

ласть фундаментальных исследований называется «физика высоких энергий».

Простейший (и в то же время достаточно сложный) ускоритель электронов есть в каждом доме. Это телевизор, вернее, его основная деталь — телевизионная трубка, кинескоп. Катод кинескопа служит источником электронов, которые, попадая в ускоряющее электрическое поле, приобретают энергию около 20 000 эВ, достаточную для того, чтобы заставить светиться специально подобранный состав люминофора на экране телевизора.

Но если бы ускорители на высокие энергии делались по принципу телевизионной трубки, т. е. линейными, то, как показывают расчеты, при нынешнем уровне техники и необходимых энергиях их размеры достигали бы многих десятков километров. Поэтому ускоритель как бы «сворачивают» в кольцо, заставляя частицы многократно проходить участки, где действует высокочастотное ускоряющее электрическое поле. Однако заставить заряженные частицы двигаться по круговой траектории можно только с помощью сильного заворачивающего магнитного поля. Для этой цели создана своеобразная магнитная дорожка, состоящая из кольцевой цепочки электромагнитов. Чем выше энергия частиц, тем труднее их заворачивать, тем большее магнитное поле требуется, и тем больших размеров нужен поворачивающий магнит. Кроме того, одноименно заряженные частицы в пучке имеют свойство взаимно расталкиваться, а также рассеиваться на остатках атмосферы в вакуумной трубе уско-

рителя, поэтому наряду с поворачивающими магнитами нужны и фокусирующие, прижимающие частицы к оси движения. Максимальная энергия современных ускорителей ограничивается разумным пределом размеров и стоимости именно магнитной системы.

Итак, современный ускоритель — это как бы фабрика по производству интенсивных пучков частиц определенного сорта (обычно это электроны или в 2000 раз более тяжелые протоны). А что происходит дальше с продукцией этих фабрик? Сформированный ускорителем пучок частиц направляется на специально подобранную, исходя из задач эксперимента, мишень, при соударении с которой рождается множество разнообразных вторичных частиц. С помощью специальных устройств — детекторов эти частицы регистрируются, определяются их масса, электрический заряд, скорость и направление движения и т.п. Затем сложной математической обработкой на ЭВМ информации с детекторов восстанавливаются траектория движения и вся картина взаимодействия ускоренной частицы с веществом мишени, и из сопоставления результатов измерений с предварительным теоретическим расчетом данного взаимодействия делаются выводы о тех или иных параметрах расчетной модели взаимодействия. Именно здесь и добывается новое знание о свойствах внутриядерных частиц.

Наша страна всегда находилась на передовых позициях в области разработки и строительства ускорителей и, соответственно, в развитии физики высоких энергий. Так, сразу же стал мировым рекордсменом по энергии ускоренных протонов и по своим размерам построенный в 1956 г. синхрофазотрон в Дубне (энергия 10 ГэВ, длина орбиты частиц около 200 м, масса кольцевого электромагнита 40 тыс. т), а затем в 1967 г. был запущен в действие синхротрон в г. Протвино близ Серпухова (энергия 76 ГэВ, длина орбиты 1,5 км, масса электромагнита 22 тыс. т).

Уже при создании синхрофазотрона в Дубне стало ясно: для обеспечения передовых позиций в физике высоких энергий необходимо создавать ускоритель нового поколения с применением, так называемой жесткой фокусировки — протонный синхротрон на энергию не менее 50 ГэВ. С этой целью в Институте теоретической и экспериментальной физики

(ИТЭФ) в Москве началось сооружение модельного протонного синхротрона на 7 ГэВ, а также начат выбор новой строительной площадки. Необходимым условием было монолитное основание (гранит, известняк и др.) для установки полутораклометрового кольцевого электромагнита, невысокая сейсмичность региона, наличие коммуникаций и энергосетей. После рассмотрения в 1956—1957 гг. около 40 вариантов площадок в различных районах страны (Урал, Сибирь, Средняя Азия, Дальний Восток, Подмосковье) была выбрана площадка в 15 км к западу от Серпухова, на левом берегу р. Протвы, в 5 км от впадения ее в р. Оку. На месте будущего ускорителя располагался лесной массив.



Зал предмонтажных испытаний электромагнитов производства НИИЭФА для первой ступени УНК

13 марта 1958 г. было принято решение о сооружении научно-исследовательского комплекса, включающего ускоритель и установки для проведения физических исследований. Начались проектно-конструкторские работы по созданию оборудования ускорителя на предприятиях отрасли, проектные работы по строительству жилого поселка в ГСПИ. В мастерской архитектора Корина создан первый проект будущего города физиков. Уже 1 апреля на место строительства прибыла изыскательская экспедиция ГСПИ № 1.

Ниже приведена хронология важнейших событий.

9 августа 1958 г. Издано распоряжение СМ РСФСР об отводе земельного участка (план на 1079,15 га) под размещение ускорителя и жилищное строительство в Серпуховском районе Московской области.

10 декабря 1959 г. Распоряжением СМ РСФСР отведены первые 41 га под создание базы стройиндустрии (БСИ) и автодороги.

10 января 1960 г. Начаты земляные работы по сооружению кольцевого котлована под ускоритель. Первый кубометр грунта поднят экскаваторщиком А.В. Фроловым. Всего предстояло вынуть 1 384 тыс. м³ грунта.

19 апреля 1960 г. Прорабом Ф.Я. Коркиани забит первый колышек под фундамент первого жилого дома поселка физиков, тогда еще безымянного. Через 35 лет — в 1995 г. — этот день будет впервые отпразднован, как День города Протвино.

15 января 1961 г. Начаты бетонные работы по заливке фундамента и сооружению кольцевого зала, других зданий ускорительного ком-

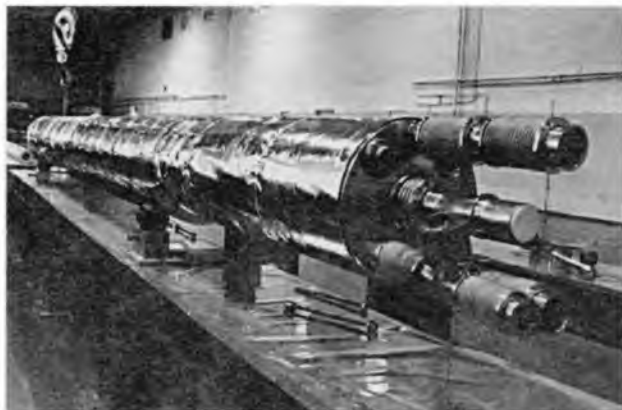
плекса. В течение 1961 г. на строительство ускорителя полностью переведено Управление строительства 620 (начальник — М.М. Царевский, заместитель — С.Ф. Мальцев, возглавлявший УС-620 с 1962 по 1975 гг.)

3 декабря 1961 г. Приказом по 3-му Главному Управлению Минздрава организована медико-санитарная часть № 66. Первый начальник — В.К. Дворянинов, с 1965 по 1985 гг. во главе МСЧ-66 стоял В.И. Кириллов.

15 октября 1963 г. Приказом Государственного комитета по использованию атомной энергии ИФВЭ преобразован в самостоятельный институт под научным руководством академика Н.Н. Боголюбова. Директором ИФВЭ назначен А.А. Логунов, заместителями директора по научной работе — Р.М. Суляев и В.П. Дмитриевский (по совместительству), заместителем директора по капстроительству и общим вопросам — Е.А. Алеев, главным инженером (с января 1965 г.) — К.З. Тушабрамишвили.

11 октября 1966 г. Подписано правительственное советско-французское соглашение о совместных исследованиях на ускорителе ИФВЭ, в том числе на экспериментальном оборудовании французского производства. Несколько позднее премьер-министр Франции Жорж Помпиду посетил готовящийся к запуску ускоритель ИФВЭ.

25 декабря 1966 г. Осуществлен физический запуск линейного ускорителя на 100 МэВ — инжектора в кольцевой ускоритель. Выполненный по традиционной «схеме Альвареца» с



Изготовленный в ИФВЭ полномасштабный сверхпроводящий дипольный магнит второй очереди УНК перед помещением в контейнер (криостат). Длина диполя 6 м

трубками дрейфа линейный ускоритель И-100 останется крупнейшим в стране протонным ускорителем на энергию до 100 МэВ и ток в импульсе до 100 мА пригодным для прикладных исследований.

14 октября 1967 г. Осуществлен физический запуск синхротрона У-70. Получены первые протоны, ускоренные до расчетной энергии 70 ГэВ. На запуске присутствовали генеральный директор ЦЕРН проф. Б. Грегори, представители Минсредмаша и др.

Апрель-июнь 1968 г. Ввод в строй первых каналов пучков вторичных частиц, начало первых физических экспериментов.

24 октября 1968 г. Достигнута проектная интенсивность ускоренного пучка 10^{12} протонов в импульсе. Ускоритель выходит на эксплуатационный режим, обеспечивающий одновременное проведение нескольких экспериментов на каналах вторичных частиц.

1969—1971 гг. Коллектив сотрудников ИФВЭ во главе с Ю.Д. Прокошкиным открыл новую закономерность в энергетической зависимости полных сечений взаимодействий адронов (Серпуховский эффект).

22 апреля 1970 г. Сотрудникам ИФВЭ А.А. Логунову и Р.М. Суляеву, наряду с ответственными руководителями некоторых других предприятий Министерства, присуждена Ленинская премия за разработку и ввод ускорителя протонов У-70.

7 ноября 1970 г. Сотрудникам ИФВЭ Ю. М. Адо, С. А. Ильевскому, Э. А. Мяз,

В.Г. Тишину присуждена Государственная премия за сооружение ускорительного комплекса ИФВЭ, включающего линейный ускоритель И-100 и протонный синхротрон У-70.

26 апреля 1971 г. Указом Президиума ВС СССР 48 сотрудников ИФВЭ награждены орденами и медалями СССР за отличия в труде по созданию и вводу ускорительного комплекса ИФВЭ. Среди них — ученые, инженеры, конструкторы, техники, рабочие.

14 июля 1971 гг. Получены первые стереофотографии взаимодействий элементарных частиц с пузырьковой жидководородной камеры «Мирабель», изготовленной во Франции специально для программы исследований на ускорителе У-70.

28 сентября 1971 г. В Государственный реестр СССР внесено открытие коллектива ученых ИФВЭ во главе с Ю.Д. Прокошкиным ядер антивещества — антигелия-3. Некоторое время спустя группа ученых ИФВЭ совместно с учеными ОИЯИ зарегистрировала также ядра антитрития.

8 июня 1972 г. Торжественная церемония ввода в строй системы быстрого вывода частиц из У-70, изготовленной в ЦЕРН, с участием председателя ГКАЭ СССР А.М. Петросьянца и делегации специалистов из ЦЕРН во главе с Генеральным директором ЦЕРН проф. В. Йенчке.

7 ноября 1973 г. Сотрудникам ИФВЭ А.А. Логунову, Л.Д. Соловьеву присуждена Государственная премия за цикл работ «Фоторождение пи-мезонов на нуклонах».

9 сентября 1974 г. Осуществлен вывод пучка протонов из ускорителя У-70 для формирования нейтринных пучков.

13 июня 1975 г. Коллектив ученых ИФВЭ во главе с Ю.Д. Прокошкиным в совместных исследованиях с ЦЕРН зарегистрировал явление образования новой элементарной частицы — h -мезона.

Май 1975 г. Ввод в строй пропан-фреоновой пузырьковой камеры СКАТ объемом более 6 м³ тяжеложидкостной смеси, получение первых стереофотографий взаимодействия нейтрино с веществом камеры.

7 января 1976 г. Родился 20-тысячный житель Протвино — Светлана Синкина. Родителям вручена памятная медаль.

22 июня 1977 г. Физический запуск линейного ускорителя ионов с применением высокочастотной квадрупольной фокусировки (ВЧК-

фокусировка) — первого в мире ускорителя такого типа, предложенного, разработанного и изготовленного коллективом сотрудников во главе с проф. В.А. Тепляковым. Зафиксированы первые протоны с энергией 30 МэВ, ток в пучке около 10 мА.

4 января 1980 г. Принято постановление ЦК КПСС и СМ СССР «О сооружении ускорительно-накопительного комплекса протонов на энергию 3 ТэВ в ИФВЭ».

Декабрь 1982 г. Физический запуск линейного ускорителя УРАЛ-30 на штатном месте, предназначенного для работы как инжектора в бустерный синхротрон новой системы инжекции частиц в ускоритель У-70.

28 января 1983 г. Вынут первый ковш грунта вертикального ствола подземного тоннеля УНК. Начало горнопроходческих работ по сооружению 21-километрового тоннеля с глубиной залегания от 20 до 65 м.

28 октября 1983 г. Физический запуск быстрогоциклирующего протонного синхротрона (бустера) на энергию протонов 1,5 ГэВ.

Апрель 1984 г. Группе сотрудников ИФВЭ присуждена премия Совета Министров СССР за создание и внедрение в народное хозяйство универсального измерительно-вычислительного комплекса.

Ноябрь 1984 г. А.В. Агальцову (ИФВЭ), группе сотрудников ИТЭФ и др. присуждена Государственная премия за цикл работ «Разработка и создание протонно-лучевых станций СТОПРОБ, ПРОЛОГ, ПОЛОГ и ПРОБОТ для облучения опухолей и их использование в медицине».

Декабрь 1984 г. Введена в строй новая система инжекции в У-70, включающая в себя бустер и линейный ускоритель УРАЛ-30.

Декабрь 1986 г. Достигнута рекордная для У-70 интенсивность ускоренного пучка, составившая $1,6 \cdot 10^{13}$ протонов в импульсе.

Апрель 1988 г. Сотруднику ИФВЭ В.А. Теплякову присуждена Ленинская премия за разработку и создание линейного ускорителя с фокусировкой пучка высокочастотным квадрупольным полем.

15 ноября 1989 г. Указом Президиума ВС РСФСР поселок Протвино Серпуховского района Московской области отнесен к категории городов областного подчинения.

Декабрь 1989 г. Проведен цикл исследований по применению изогнутых монокристал-



Демонстрационная секция протонного ускорителя с высокочастотной квадрупольной фокусировкой. Ускоритель такого типа впервые предложен и изготовлен в ИФВЭ. Может применяться как для задач физики высоких энергий (как инжектор), так и для прикладных задач

лов для вывода протонного пучка из У-70 для дробления выведенного пучка на два эксперимента.

Октябрь 1990 г. На установке Вершинный спектрометр (ВЕС) обнаружено новое резонансное состояние с массой 1812 МэВ — кандидат в «экзотическое состояние».

Июнь 1991 г. Введен в строй крупнейший в мире жидкоаргоновый спектрометр БАРС комплекса меченых нейтрино, содержащий 600 т жидкого аргона. Зарегистрированы первые нейтринные взаимодействия.

Декабрь 1992 г. Завершено изготовление опытно-промышленной партии 25 сверхпроводящих дипольных магнитов УНК, проведены их испытания, показавшие готовность разработанной технологии к массовому производству СП-магнитов для УНК.

Март 1993 г. Осуществлен физический запуск канала инжекции УНК. Пучок протонов с энергией 70 ГэВ выведен из ускорителя У-70 и проведен по каналу инжекции УНК длиной 2,7 км.

11 июля 1994 г. Постановлением Правительства Российской Федерации № 816 Институту физики высоких энергий присвоен статус Государственного научного центра Российской Федерации.

9 декабря 1994 г. Горнопроходчики государственного предприятия «Тонот» (рук. — Ю.И. Коломиец) осуществили последнюю



Зимний пейзаж города физиков Протвино.
Вид на ул. Победы

сбойку в северном сегменте тоннеля УНК. Тем самым завершена проходка 21-километрового подземного кольца будущего ускорителя.

Январь 1996 г. Комиссией при Президенте Российской Федерации допущен для участия в конкурсе на соискание Государственных премий 1996 года цикл работ сотрудников ИФВЭ во главе с профессором В.И. Котовым «Создание новых методов управления пучками частиц высоких энергий на ускорителе с помощью изогнутых кристаллов и их реализация».

Ускоритель У-70 по настоящее время остается крупнейшим в России действующим протонным ускорителем, на котором проводят исследования физики из многих лабораторий нашей страны, стран СНГ, ОИЯИ и его стран-участниц, ЦЕРН, лабораторий и университетов США и Японии. Ускоритель постоянно совершенствуется. Уже после 15 лет эксплуатации У-70 была проведена модернизация системы инжекции в ускоритель, в ходе которой для использования в начальной стадии ускорения был установлен первый в мире линейный ускоритель с высокочастотной квадрупольной фокусировкой (без магнитов), а затем введен в действие «промежуточный» синхротрон (бустер) на энергию 1,5 ГэВ диаметром 30 м. В результате этой модернизации интенсивность протонного пучка У-70 была увеличена на порядок, улучшены характеристики пучка (поперечный размер, угловая расходимость), созданы новые системы вывода. Все это позволило и после ввода за рубежом более крупных и

мощных ускорителей сохранить интерес физиков к исследованиям на У-70.

Однако задачи дальнейшего прогресса отечественных фундаментальных исследований требовали разработки проекта нового ускорительного комплекса, способного решать современные проблемы физики высоких энергий. Такой проект был разработан в ИФВЭ в начале 80-х годов, а уже в 1983 г., после принятия соответствующего правительственного решения, в г. Протвино начались работы по сооружению ускорительно-накопительного комплекса протонов (УНК) на проектную энергию 3000 ГэВ, что втрое превысило бы энергию наиболее мощного из действующих в мире ускорителя лаборатории им. Э. Ферми (ФНАЛ) в г. Батавия (США).

Согласно проекту основой комплекса, наряду с действующим ускорителем У-70, который послужит разгонной ступенью УНК, являются два кольцевых ускорителя — две ступени, одинаковые по размерам, но совершенно разные по конструкции. Первая ступень является промежуточной. Ее основная задача — накопить пучок протонов из ускорителя У-70, поднять его энергию до 400 ГэВ и передать во вторую ступень для последующего ускорения частиц до конечной энергии 3000 ГэВ.

Первая ступень УНК спроектирована по традиционной для подобных машин схеме. Формирование магнитной дорожки для ускоряемых протонов осуществляется классическими электромагнитами с ярмом из электротехнической стали и с алюминиевыми водоохлаждаемыми обмотками. Общее число дипольных магнитных блоков — 2500, каждый из них весит около 10 т. Часть блоков служит для фокусировки, обеспечивающей удержание протонов в виде плотного пучка диаметром всего несколько миллиметров, другая часть — поворотные магниты — для формирования расчетной кольцевой траектории пучка. В процессе ускорения протоны, летящие почти со скоростью света, проходят путь около 30 млн. км. Чтобы при этом максимально сократить потери частиц, пучок движется в вакуумной камере — трубе из нержавеющей стали диаметром 80 мм, давление в которой не превышает 10^{-7} мм ртутного столба. Для функционирования столь протяженного вакуумного канала создана уникальная, не имеющая в России

равных по протяженности и объему, вакуумная система.

Важнейшей особенностью второй ступени УНК является использование электромагнитов со сверхпроводящими обмотками. Эти магниты несравненно более сложны по конструкции, чем магниты первой ступени, и требуют для работы мощных криогенных систем, производящих жидкий гелий и жидкий азот. Сверхпроводящие обмотки позволяют создать в 5 раз более сильное магнитное поле. Это означает, что при той же длине магнитной дорожки (а для современных ускорителей это десятки километров!) энергия ускоренных частиц в сверхпроводящем ускорителе будет в 5 раз выше, чем в таком же обычном ускорителе. Кроме того, энергопотребление сверхпроводящего ускорителя, даже с учетом затрат мощности на работу криогенной системы, составляет лишь малую долю от потребления обычного ускорителя. Так что осуществляющийся сейчас в ускорительных центрах мира переход на сверхпроводящие технологии — не дань «современной моде», а мотивированная необходимость.

Обе ступени, согласно проекту, должны размещаться в одном подземном кольцевом тоннеле длиной почти 21 км. Тоннель имеет внутренний диаметр 5 м и расположен в стабильных и сухих породах на глубине от 20 до 65 м (в зависимости от рельефа местности). Подземный вариант размещения ускорителя выбран по многим причинам. Во-первых, при работе ускорителя возникает определенный уровень радиации, и в этом случае слой земли толщиной более 20 м служит надежной защитой. Во-вторых, ускоряемый протонный пучок исключительно чувствителен к качеству магнитного поля. Малейшие случайные смещения магнитных блоков от заданного положения — какие-нибудь десятые доли миллиметра — могут привести к полной потере частиц. В связи с этим одной из важнейших проблем при проектировании было обеспечение стабильности основания ускорителя, а при подземном размещении это выполняется гораздо легче. Существенными были также экологические соображения. Если бы тоннель соорудился «вскрышным», а не подземным способом, то пришлось бы пожертвовать дополнительно несколькими сотнями гектаров леса. Он практически сохранен. Немаловажным фактором

явилось то, что существовала отработанная технология сооружения подобных объектов — строительство метро. Ведь предстояло построить тоннель, примерно равный по длине и глубине залегания кольцевой линии Московского метрополитена. Кроме того, примерно через каждые 1,5 км к кольцевому тоннелю примыкают подземные залы, необходимые для размещения крупногабаритного оборудования. Эти залы связаны с поверхностью вертикальными шахтами для проводки коммуникаций, транспортирования оборудования и т. п.

Важная особенность строительства заключается в том, что параллельно идут наземные и подземные строительные работы, проектирование, изготовление и монтаж оборудования. В таких условиях оптимальным является поэтапный ввод отдельных участков ускорительного комплекса. Так, в марте 1994 г. был введен в строй первый участок УНК — подземный канал длиной 2,7 км, соединяющий У-70 и УНК. В канале смонтирована вакуумная система, около 200 электромагнитов, система наблюдения за пучком. После тщательной настройки всех элементов канала протоны с энергией 70 ГэВ были успешно транспортированы по проектной траектории вплоть до будущей точки ввода в подземное кольцо УНК. В декабре того же года горнопроходчики выполнили последнюю сбойку на проходке основного тоннеля, замкнув тем самым 21-километровое подземное кольцо. И хотя более половины тоннеля уже готово под монтаж инженерных систем УНК, на завершающей его части предстоит выполнить большой объем работ — по сварке внутренней металлоизоляции тоннеля, сооружению части подземных залов, чистовой отделке.

Важнейшим элементом второй ступени является сверхпроводящий магнит. В его конструкции нашли воплощение последние достижения в области сверхпроводящих, магнитных и изоляционных материалов, криогеники, вакуумной техники. В ИФВЭ изготовлены и успешно испытаны головные образцы магнитов, однако требования к точности и технологии их изготовления оказались за пределами возможностей промышленности. В связи с этим в ИФВЭ разработана «своя» уникальная технология и построен специальный цех для серийного изготовления и испытаний СП-магнитов, способный выпускать до 3 магнитов в сутки. Однако мас-

совое производство СП-магнитов начато не было. В связи с резким сокращением финансирования программы УНК в 1992 г. ИФВЭ пришлось пересмотреть стратегию сооружения комплекса и ввода его в эксплуатацию. Для ускорения начала физических исследований было решено сосредоточить усилия на завершении сооружения первой ступени с тем, чтобы использовать ее как самостоятельный ускоритель с энергией 600 ГэВ (У-600). Хотя эта энергия на сегодняшний день и не рекордная, существует достаточно интересная область исследований, не охваченная мощными ускорителями США и Западной Европы. В частности, У-600 сможет выдавать физикам протонный пучок с интенсивностью, в несколько раз превосходящей достигнутую на западных машинах, что резко повысит скорость набора статистики в исследованиях. Кроме того, У-600 позволит иметь выведенные пучки вторичных частиц широкого спектра энергий и их сортов. Исследования на У-600 вызывают интерес у многих групп физиков России, стран СНГ, Западной Европы, США и Японии. Так, уже сейчас ведется подготовка совместного российско-американского эксперимента «Нептун» на У-600 с использованием сверхпроводящей поляризованной струйной мишени, полностью изготавливаемой физиками Мичиганского университета (США).

Затраты на создание УНК по масштабу соизмеримы с затратами на сооружение атомной электростанции. Часто возникает вопрос — какова же реальная отдача от таких проектов? Вряд ли можно говорить о какой-либо конкретной прямой отдаче в ближайшие годы — однако, кто мог предсказать возникновение ядерной энергетики на основе первых опытов по изучению радиоактивности, атомного ядра, начавшихся в прошлом веке? Первооткрыватель атомного ядра Э. Резерфорд такой перспективы не видел. Мы же — свидетели бурного роста ядерной энергетики, в целом ряде стран (Франции, Японии и др.) ставшей основой экономики. Правда, есть и печальный опыт Чернобыля, подчеркивающий непреходящую важность полноты научно-технической проработки утилизируемых идей. Очевидным является тот факт, что сосредоточение огромных интеллектуальных ресурсов и индустриализация научных проектов дают побочный продукт — неожиданно

быструю разработку и широкое внедрение в промышленность новейших технологий, которые, в свою очередь, приводят к качественному скачку целых отраслей производства. Так, общепризнан решающий вклад проектов крупных ускорителей нашей страны и Запада в развитие криогеники сверхнизких температур, технической сверхпроводимости, высокочастотной и вакуумной техники. Известно также, что бурное развитие мощной вычислительной техники во многом обязано иницирующим потребностям физики и техники современных ускорителей. Известны экономические оценки европейской промышленности на примере деятельности Европейской организации ядерных исследований, сводящиеся к тому, что каждый доллар, вложенный в развитие фундаментальных исследований, опосредованно дает около 4 долларов прибыли.

Вместе с тем, в последние годы, когда стало очевидным завершение «холодной войны», финансирование затрат на дальнейшее развитие фундаментальных исследований и физики высоких энергий стало повсеместно испытывать резко возросший спад. Так, в 1994 г. правительством США по настоянию законодателей был закрыт проект создания сверхпроводящего суперколлайдера (SSC) в 87-километровом тоннеле, находившийся в начальной стадии осуществления. Основным и фактически единственным крупным проектом создания ускорителя следующего поколения на Западе является проект «Большого адронного коллайдера» (LHC) в ЦЕРН. Здесь в готовом 27-километровом тоннеле электрон-позитронного коллайдера (LEP) будет смонтирован протонный сверхпроводящий коллайдер на энергию $(7,7 \times 7,7)$ ТэВ. В настоящее время вокруг осуществления проекта LHC и создания больших экспериментальных установок складываются крупные международные коллаборации, в том числе с участием физиков ИФВЭ (как и ряда других российских центров).

Ближайшим аналогом этого западного проекта в России как раз и является программа создания УНК. Она имеет самостоятельное научное значение как в физике высоких энергий, так и в международном научно-техническом сотрудничестве и сохранении и развитии отечественного научно-технического потенциала.

Московский радиотехнический институт

Г. И. Бацких, Р. А. Мешеров

В августе 1946 г. при ФИАН им. П.Н. Лебедева была создана лаборатория № 11 прообраз будущего Московского радиотехнического института. Первым организатором и руководителем коллектива был академик А.Л. Минц, выдающийся радиотехник, создатель крупнейших радиовещательных станций. После некоторых преобразований в 1957 г. коллектив получил самостоятельный статус Радиотехнического института, а с 1976 г. Московского радиотехнического института.

Главным направлением работ коллектива была разработка и создание радиотехнических систем для новейшей в то время области ускорительной техники. Первой крупной работой было участие в создании в Дубне (1946—1949 гг.) фазотрона (синхроциклотрона) на энергию 680 МэВ, который до настоящего времени является одной из крупнейших установок для проведения экспериментальных исследований в области ядерной физики. Для фазотрона была разработана и создана радиотехническая система, основным узлом которой является мощный перестраиваемый генератор с коэффициентом перестройки, равным двум. Задача была по тем временам уникальная, так как промышленные реактивные лампы обеспечивали перестройку не более чем на 5%. Основой генератора являлся вакуумный вариатор, подвижная часть которого вращалась со скоростью 50 об./с. За участие в создании фазотрона звания лауреатов Государственной премии были удостоены: И. Х. Невяжский, Б. И. Поляков, Н. К. Титов, В. М. Лупулов, И. Л. Гуревич.

Второй большой работой было создание системы управления и радиотехнической системы синхрофазотрона ОИЯИ, на котором 14 апреля 1957 г. впервые в мире был получен пучок протонов с энергией 10 ГэВ. В этом ускорителе диапазон изменения частоты был еще больше: частота должна была меняться в 8 раз (0,18—1,5 МГц) и при этом должна была следовать за изменением магнитного поля с точ-

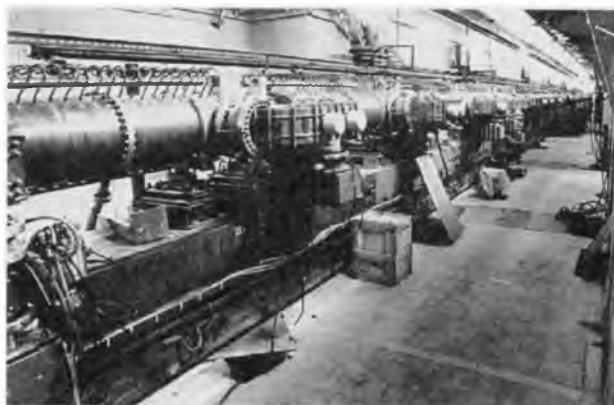
ностью до 0,1%. За эту работу А.Л. Минцу, С.М. Рубчинскому и Ф.А. Водопьянову была присуждена Ленинская премия.

В октябре 1961 г. был запущен протонный синхротрон с жесткой фокусировкой на энергию 7 ГэВ в Институте теоретической и экспериментальной физики. Для этого ускорителя коллектив института разработал радиоэлектронные системы управления процессом ускорения частиц. При еще большем диапазоне изменения частоты ускоряющего поля (0,11—1,19 МГц) требовалась более высокая точность связи частоты с магнитным полем (0,005%). Точная привязка обеспечивалась дискретным интегратором, разработанным А.А. Васильевым. Группой Ф.А. Водопьянова была создана система с прецизионным программированием изменения частоты ускоряющего напряжения. Впервые на этом ускорителе была успешно применена система обратной связи по пучку, разработанная А.А. Кузьминым и Ю.С. Ивановым. Общее руководство разработками осуществлял С.М. Рубчинский.

В начале 60-х годов по инициативе А.А. Васильева в институте были развернуты работы по автоматизации управления ускорителями, которые завершились в 1965 г. созданием модели кибернетического ускорителя на энергию 1 ГэВ. Это был уникальный по своим размерам ускоритель: сечение вакуумной камеры составляло всего 22×16 мм. Процессы инъекции, регулирования орбиты, частоты ускоряющего поля и бетатронных колебаний были автоматизированы. Осуществлялся функциональный контроль систем ускорителя с помощью ЭВМ. Модель кибернетического ускорителя показала эффективность использования ЭВМ для ускорителей. Впервые коллектив института создал ускоритель своими силами полностью от начала до конца. Основные разработки были выполнены группами Г.И. Бацких, Р.А. Мешерова, А.И. Дзергача, Н.Л. Сосенского под общим руководством А.А. Васильева.



Начальная часть линейного ускорителя мезонной фабрики



Основная часть линейного ускорителя мезонной фабрики

14 октября 1967 г. в г. Протвино был запущен самый большой в то время протонный синхротрон на энергию 76 ГэВ. Для этого ускорителя институт создал системы автоматизированного управления, высокочастотного питания ускоряющих станций, наблюдения за пучком. Особо следует отметить разработку системы управления частотой ускоряющего поля по информации о пучке, обеспечившей быстрый запуск ускорителя (всего за несколько минут) на полную энергию (76 ГэВ). За эту работу А. А. Кузьмин был удостоен звания лауреата Ленинской премии, а В. Ф. Кузьмин и В. А. Уваров — Государственной премии.

Одновременно с участием в создании кольцевых ускорителей институтом в 60-х гг. были созданы два линейных ускорителя протонов. Первый в России линейный ускоритель с жесткой фокусировкой И-2 на энергию 24 МэВ был запущен в 1966 г. как инжектор протонного синхротрона ИТЭФ. Другой линейный ускоритель протонов И-100 на энергию 100 МэВ на момент запуска в 1967 г. был самой крупной в мире установкой этого типа. Его успешный запуск как инжектора протонного синхротрона в г. Протвино обеспечил своевременный ввод в строй этого ускорителя.

За создание ускорителя И-100 звания лауреатов Государственной премии были удостоены Б. П. Мурин, И. Х. Невяжский, Б. И. Поляков, В. Г. Кульман и М. И. Басалаев.

В 1972—1976 гг. был разработан линейный ускоритель протонов для Московской мезонной фабрики ИЯИ РАН на энергию 600 МэВ и средний ток 0,5 мА. Это крупнейший в Ев-

ропе и второй в мире по размерам линейный ускоритель. Все оборудование ускорителя, за исключением системы инжекции и трубок дрейфа, было разработано МРТИ. В процессе работы были созданы оригинальные узлы и системы, в том числе два новых типа ускоряющих структур (с кольцевыми ячейками связи и с шайбами и диафрагмами), система подавления когерентных фазовых колебаний, новые устройства для диагностики пучка. Предусмотрена возможность одновременного ускорения протонов и отрицательных ионов водорода.

Работа над ускорителем мезонной фабрики стимулировала создание и внедрение в промышленности новых технологий и изделий, в частности, триметаллических вакуумных конструкций, мощных генераторных ламп ГИ-27А, ГИ-54А, клистрона КИУ-40. Основные разработки были выполнены А. В. Мищенко, А. П. Федотовым, А. И. Квашой, Б. Т. Зарубиным, Ю. Д. Ивановым, Н. И. Уксусовым, В. С. Саушкиным под общим руководством Б. П. Мурина и Г. И. Бацких.

Работы коллектива института по ускорительному направлению не ограничивались только протонными машинами. Были также разработаны и созданы три уникальных линейных ускорителя электронов (ЛУЭ).

Линейный ускоритель, разработанный для Института атомной энергии им. И. В. Курчатова, был сдан в эксплуатацию в 1976 г. Ускоритель применяется в фундаментальных исследованиях по нейтронной физике и физике твердого тела, а также в прикладных целях, например, для получения изотопов медицинского



Радиоаппаратура питания и управления
линейным ускорителем



Модуль индуктивного ускорителя

применения. Ускоритель работает в режиме микросекундных и наносекундных импульсов. Энергия ускоренных электронов 60 МэВ, ток в импульсе длительностью 6 мкс до 1 А, при этом частота следования импульсов 150 Гц. В наносекундном диапазоне (250, 50 и 10 нс) ток в импульсе до 3 А, а частота следования импульсов 900 Гц.

Другие два ЛУЭ были созданы в 1985 г. Один из них находится во Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики и ускоряет электроны до энергии 50 МэВ. Ток пучка в импульсе длительностью 10 нс достигает 10 А при частоте следования импульсов 2400 Гц. Другой ускоритель на энергию 10 МэВ, установленный в Научно-исследовательском институте импульсной техники, позволяет получать импульсы тока 15 и 100 А при длительности пучка 10 нс и 40 пс соответственно. Частота следования импульсов 200 Гц.

Эти работы проводились под руководством Р.М. Воронкова, его научный вклад был отмечен Государственной премией.

В конце 70-х и в течение 80-х годов в институте осуществлялась программа работ по сильноточной электронной технике, связанная с разработкой и созданием сильноточных электронных ускорителей и проведением исследований процессов взаимодействия мощных электронных пучков с различными средами, веществами и плазмой. Были разработаны несколько типов сильноточных ускорителей, из которых следует отметить модуль индукционного ускорителя на энергию 1 МэВ, ток 10 кА в импуль-

сах длительностью 100 нс, повторяющихся с частотой 10 кГц. Из таких модулей можно создавать сильноточные ускорители на различные энергии, которые могут служить, в частности, базой для создания лазеров на свободных электронах. Для создания модуля была разработана новая технология изготовления индукторов из аморфного железа — нового перспективного материала. Работы проводились под руководством Г. Л. Мамаева.

В настоящее время институте ведутся работы по новым перспективным направлениям ускорительной техники. Создан ряд экспериментальных стендов. На одном из них проведены исследования коллективных методов ускорения ионов с помощью сильноточных электронных пучков и осуществлено ускорение протонов до энергии 1,5 МэВ (руководитель — Р. А. Мешеров).

Одной из важных работ является исследование возможности применения ускорителей в области ядерной энергетики. Группа сотрудников под руководством Б.П. Мурина ведет концептуальную проработку мощного линейного ускорителя протонов на энергию 1,5 ГэВ и средний ток 300 мА для барьер-реактора — выжигателя долгоживущих нуклидов в отходах АЭС. В рамках этой работы группа В.М. Пироженко создала прототип начальной части ускорителя, обеспечивающего ускорение пучка протонов со средним током порядка 1 А. Совместно с ИТЭФ разрабатывается концептуальный проект сверхпроводящего линейного ускорителя на энергию 1 ГэВ и ток до 30 мА в непрерывном режиме.

Другим крупным направлением работ инсти-



Стенд для исследования коллективных методов ускорения ионов

тута является мощная радиотехника. Как уже упоминалось, коллектив института начал свою деятельность с создания генераторов для радиотехнических систем ускорителей. Это ВЧ-генераторы для кольцевых ускорителей и СВЧ-генераторы для линейных протонных машин, действующие в широком диапазоне. Мощности ускорителей, а с ними и мощности радиотехнических систем растут. Например, для линейного ускорителя протонов барьер-реактора требуется непрерывная СВЧ-мощность, приближающаяся к гигаваттному уровню.

В связи с этим в институте под руководством Б.П. Мурина ведутся разработки перспективных ВЧ- и СВЧ-систем для ускорителей. Одна из них — Реготрон, генератор мощностью 5—10 МВт в дециметровом и сантиметровом диапазонах, использующий релятивистский электрон-

ный пучок. Для получения высокого КПД генератора используется эффект автофазировки пучка в процессе отбора мощности.

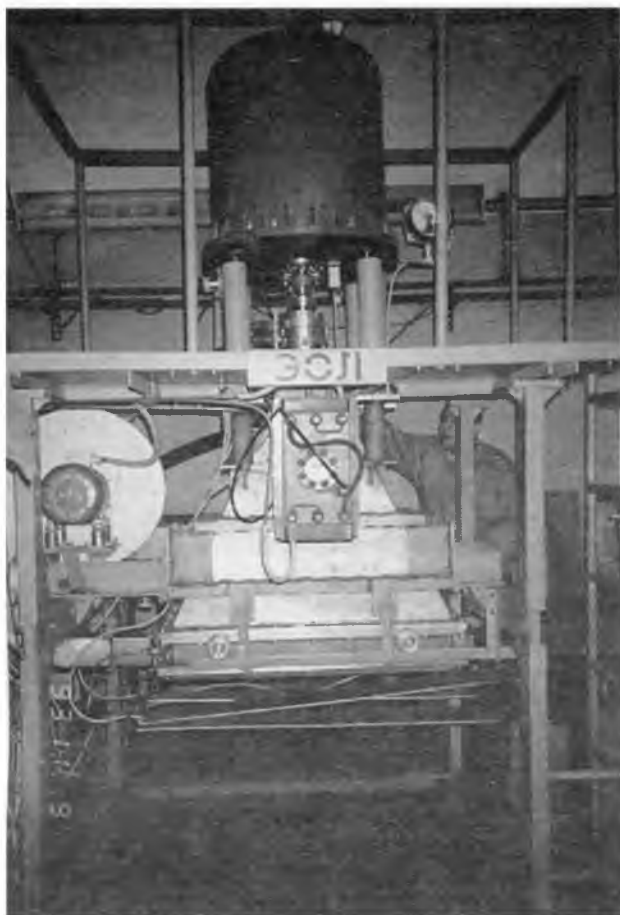
Другая разработка — перестраиваемый генератор ВЧ-диапазона, в котором для перестройки используется варактор, магнетрон с управляемой емкостью. Эта система имеет существенные преимущества по сравнению с используемой в настоящее время ферритовой системой перестройки.

Кроме этих, традиционных для техники ускорителей разработок, институт ведет работы в области СВЧ-радиотехники в рамках самостоятельного направления. Это — создание мощных генераторов и исследование взаимодействия электромагнитного излучения со средой, материалами, а также воздействия его на приборы.

В 1983 г. была создана установка «Зет». Это СВЧ-генератор, использующий электронный пучок с энергией 2,7 МэВ и током до 100 кА. Пучок возбуждает релятивистский генератор-карсинотрон. Мощное СВЧ-излучение с помощью системы зеркальных линз фокусируется и передается в экспериментальный объем. Мощность СВЧ-пучка в зоне эксперимента может достигать 15 ГВт в импульсе длительностью от 30 нс до 1 мкс. Пучок можно сфокусировать в пятно диаметром 4 см.

В 1987 г. в МРТИ был переведен научный коллектив вместе с уникальной по своим параметрам СВЧ-установкой «ТОР». Эта установка состоит из передатчиков (каждый мощностью 100 кВт), работающих на антенную решетку из 200 рупоров, и позволяет фокусировать поток СВЧ-излучения общей мощностью 20 МВт в непрерывном режиме в пятно диаметром 5 см. По своим параметрам обе эти установки являются единственными в мире. Институт ведет работы по передаче СВЧ-энергии на космические объекты и из космоса на землю. Проведены эксперименты, которые показали возможность разложения фреона в атмосфере СВЧ-разрядом, что важно для решения проблемы «озоновых дыр». Работами по радиофизике и СВЧ-технике руководит В.Д. Селезнев, а по физике плазмы — К.В. Ходатаев.

Третьим направлением работ в институте является разработка систем автоматизированного управления ускорителями и обработки результатов физического эксперимента. Это направление работ развивалось на базе созда-



Промышленный ускоритель ЭОЛ



Литотриптер УРАТ П2

ния сетей ЭВМ, новых диалоговых средств и магистрально-модульных систем.

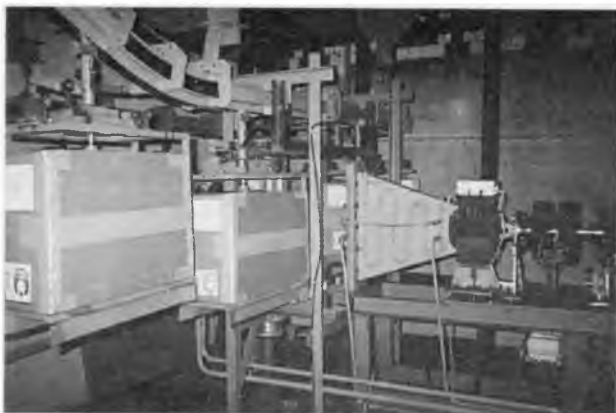
Работы по автоматизации ускорителей были начаты еще в 60-х годах на модели кибернетического ускорителя и получили дальнейшее развитие в автоматизированных системах экспериментальных установок МРТИ, ускорителя мезонной фабрики ИЯИ РАН и сооружаемого ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ в г. Протвино.

В 1968 г. началась разработка для ИФВЭ автоматизированных систем обработки физической информации. В ходе этой работы институт участвовал в создании прецизионных сканирующих автоматизированных систем: ЭЛАС, ПУОС-2, ПУОС-3, ПУОС-4, «Надежда», которые по своим характеристикам соответствовали мировым образцам. Системы ПУОС-4 и ЭЛАС были полностью разработаны в инсти-

туте. Для ПУОС-4 (лазерная система с механическим сканированием луча) была разработана система управления, обеспечивающая точность позиционирования 2–3 мкм. Электронно-лучевая система ЭЛАС позволяет измерять в автоматическом режиме фотографии треков частиц, полученных в камерах «Мирабель» и «Скат», с точностью 5 мкм. По результатам этих работ А.И. Вагин и Л.Л. Лихтенбаум были удостоены премии Совета Министров.

В последние время в институте успешно развиваются также прикладные работы в промышленности, медицине и экологии. Одной из первых таких работ было создание в 70-х годах серии электронных ускорителей типа ЭОЛ с энергией 400–600 кэВ и током до 100 мА, которые используются в промышленности для радиационно-химических технологий. За эту работу Г.И. Бацких и Г.И. Кленову была присуждена Государственная премия.

В 1987 г. создана установка УРАТ — литотриптер для разрушения почечных камней. По



Стерилизационный комплекс



Компактная стерилизационная установка, смонтированная в г. Форт Вейн (США)

своим параметрам установка находится на уровне лучших мировых аналогов.

За создание литотриптера УРАТ М.М. Шокурову, В.Н. Захарову, В.А. Уварову и В.С. Саушкину была присуждена Государственная премия.

Многолетний опыт коллектива института в области ускорительной техники позволяет создавать новые комплексы. В частности, на базе электронного ускорителя на энергию 9,5 МэВ в институте создан и работает стерилизационный комплекс, на котором осуществляется стерилизация одноразовых шприцев. По заказу американской фирмы «BST» создан компактный ускоритель электронов на энергию 5 МэВ с местной защитой для стерилизации инфекционных отходов и медицинского инструментария в больницах. Разработан также комплекс для таможенного контроля большегрузных контейнеров. Совместно с ИТЭФ спроектирован медицинский центр для лечения онкологических заболеваний с использованием разработанного в институте протонного синхротрона на энергию 250 МэВ.

Научный и производственный потенциал коллектива позволяет внедряться и в другие области техники. Например, в институте соз-



Линейный ускоритель радиографического таможенного комплекса

дана автоматизированная система для очистки стоков гальванического производства; разрабатывается СВЧ-устройство для анализа влажности газа в магистральных трубопроводах.

С конца 80-х годов институт возобновил контакты с ведущими зарубежными центрами Европы и Америки, ведутся работы по контрактам с американскими фирмами и научными организациями.

ГП «Красная Звезда»

Г. М. Грязнов

Научно-производственное объединение (НПО) (впоследствии государственное предприятие — ГП «Красная Звезда» — директор Г.М. Грязнов, главный конструктор В.И. Сербин) было организовано в 1972 г. Основными мотивами при создании НПО в системе предприятий Минсредмаша были сосредоточение руководства работами по созданию ядерных энергетических установок (ЯЭУ) для космических объектов, ускорение отработки таких ЯЭУ, а также улучшение планирования и координации этих работ. В качестве конкретной задачи на НПО «Красная Звезда» были возложены функции головной организации по разработке, изготовлению (с привлечением других организаций Минсредмаша) и поставке ЯЭУ «БУК» и «ТОПАЗ-1». Впоследствии тематика работ, проводимых НПО «Красная Звезда», была значительно расширена за счет включения в нее ряда разработок изделий как космического, так и наземного применения, основанных на использовании как ядерных, так и неядерных технологий.

НПО «Красная Звезда» было организовано на базе двух предприятий — Московского конструкторского бюро (МКБ) «Красная Звезда» Министерства авиационной промышленности и Опытного-конструкторского бюро (ОКБ) «Заря» Минсредмаша — с включением в состав сотрудников НПО группы специалистов Тураевского машиностроительного конструкторского бюро (ТМКБ) «Союз» Министерства авиационной промышленности, занимавшихся разработкой ЯЭУ «ТОПАЗ-1».

МКБ «Красная Звезда» было создано в 1950 г. на базе ОКБ-3 Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ). Первоначально основными задачами этого предприятия были проектирование и изготовление опытных партий прямоточных реактивных двигателей. Впоследствии одним из основных

направлений работ МКБ «Красная Звезда» стала разработка термоэлектрической ЯЭУ космического назначения «БУК». Главными конструкторами МКБ «Красная Звезда» в 1950—1959 гг. был М.М. Бондарюк, в 1970—1972 гг. — Е. А. Терешков.

ОКБ «Заря» было организовано в 1962 г. в целях усиления НИОКР в области создания ядерных электрореактивных двигательных установок (ЯЭРДУ) на базе Института двигателей Государственного комитета по использованию атомной энергии и ОКБ-456 Государственного комитета по оборонной технике. В 1965 г. в пос. Протвино Московской области было начато строительство производственно-экспериментальной базы ОКБ (с 1967 г. — завод электромеханического оборудования, с 1972 г. — Серпуховский филиал ОКБ «Заря»). Основными задачами ОКБ «Заря» при его создании были определены разработка и создание опытных образцов ЯЭРДУ. Работы ОКБ «Заря» в этой области были сосредоточены главным образом на создании турбомашинных ЯЭУ космического назначения, наряду с которыми разрабатывались также изотопные источники энергии для космических аппаратов. Руководителями этих работ в разное время были Д. Д. Севрук, С. А. Пашков, Е. В. Куликов.

Группа специалистов ТМКБ «Союз», включенная в состав сотрудников НПО «Красная Звезда» при его создании, до своего перевода в ТМКБ с 1962 г. занималась разработкой термоэмиссионной ЯЭУ «ТОПАЗ-1» на Московском машиностроительном заводе «Союз» Министерства авиационной промышленности под руководством Г. Л. Лившица.

История развития ГП «Красная Звезда» изложена по основным направлениям работ ГП «Красная Звезда» в разные периоды его существования.

НАПРАВЛЕНИЕ РЕАКТОРНЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Работы в области ядерной энергетики для применения в космическом пространстве были начаты почти одновременно в СССР и США в конце 50-х — начале 60-х годов еще на начальном этапе исследования и освоения космического пространства. Разработка космических ЯЭУ в СССР была обусловлена необходимостью обеспечить космические аппараты (КА) систем военной разведки достаточно мощными и ресурсоспособными (с выходной электрической мощностью порядка нескольких киловатт и ресурсом работы не менее нескольких месяцев) бортовыми энергоустановками. При выборе источников энергопитания для КА подобного назначения энергоемкость и компактность реакторных ядерных источников энергии, выгодно отличавшие их от распределенных солнечных фотоэлектрических преобразователей, сыграли определяющую роль. Проведенные в последующие годы научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по реакторным ЯЭУ космического назначения позволили более точно сформулировать их преимущества по сравнению с солнечными энергетическими установками:

лучшие массогабаритные характеристики, начиная, по крайней мере, с уровня электрической мощности 15–20 кВт (перспективные фотоэлектрические преобразователи имеют удельную мощность 180 Вт/м² и удельную массу батарей 2–3 кг/м²);

отсутствие зависимости генерируемой мощности от положения КА по отношению к Солнцу;

возможность работы на форсированных режимах при электрической мощности в 2–2,5 раза больше номинальной при слабой зависимости массы ЯЭУ от уровня форсирования, что имеет первостепенное значение при выборе источников энергоснабжения для космических средств межорбитального транспортирования полезной нагрузки.

На начальной стадии разработки космических ЯЭУ рассматривались реакторные ЯЭУ как с динамическими (паро- и газотурбинными), так и с безмашинными (термоэлектрическими, термоэмиссионными) системами преобразования тепловой энергии, генерируемой

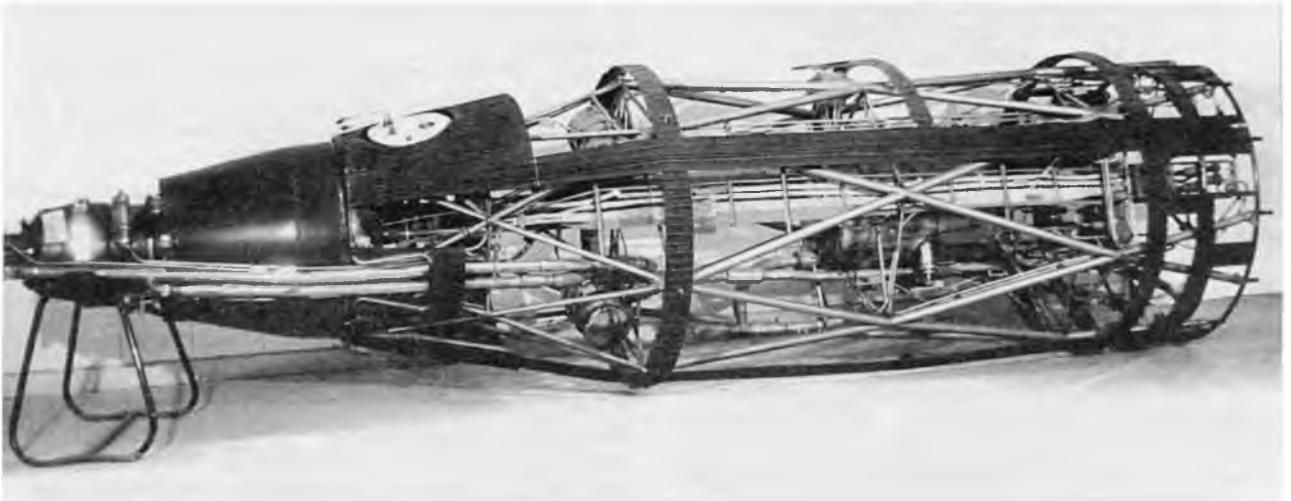
в ядерном реакторе ЯЭУ, в электрическую энергию.

На предприятиях, составивших впоследствии ГП «Красная Звезда», разрабатывались все указанные выше схемы реакторных ЯЭУ космического назначения.

Разработка реакторных ЯЭУ космического назначения проводилась в условиях жестких ограничений, налагаемых на конструкцию и режимы эксплуатации ЯЭУ космического назначения. Отличительной особенностью проектирования космических ЯЭУ является выполнение требования наименьшей массы при минимальных габаритах ЯЭУ с учетом возможности теплоотвода в космическом пространстве только с помощью излучения. К этому добавляются высокие требования надежности, автономного функционирования и ресурсоспособности ЯЭУ в условиях перегрузок при выведении на орбиту, произвольной ориентации и отсутствия сил тяжести при работе на орбите, ядерной и радиационной безопасности в условиях возможных аварий средств выведения КА с ЯЭУ на орбиту и метеорного воздействия, минимальных возмущающих воздействий на КА со стороны ЯЭУ. Невозможность проведения на автоматических КА каких-либо регулировочных, ремонтных и профилактических работ усугубляет имеющиеся трудности. Все это крайне усложняло компоновку, выбор рабочих параметров, конструкцию отдельных агрегатов, доводочные испытания (наземные и летные) и эксплуатацию ЯЭУ космического назначения.

Первые орбитальные испытания разработанной в нашей стране космической ЯЭУ с термоэлектрическим преобразованием массой около 1 т с реактором на быстрых нейтронах и термоэлектрическим генератором электрической мощностью около 3 кВт были проведены в конце 60-х годов. ЯЭУ этого типа в 1975 г. были приняты на вооружение и поставлялись НПО «Красная Звезда» серийно до 1990 г. как бортовой источник энергии на спутниках серии КОСМОС (получивших на Западе обозначение RORSAT). Всего за два десятилетия на орбиту было запущено свыше тридцати таких ЯЭУ трех модификаций. Участники этой работы были удостоены Государственной премии, награждены орденами и медалями.

Первенство в создании таких ЯЭУ принадлежит МКБ «Красная Звезда», ГНЦ РФ «Фи-



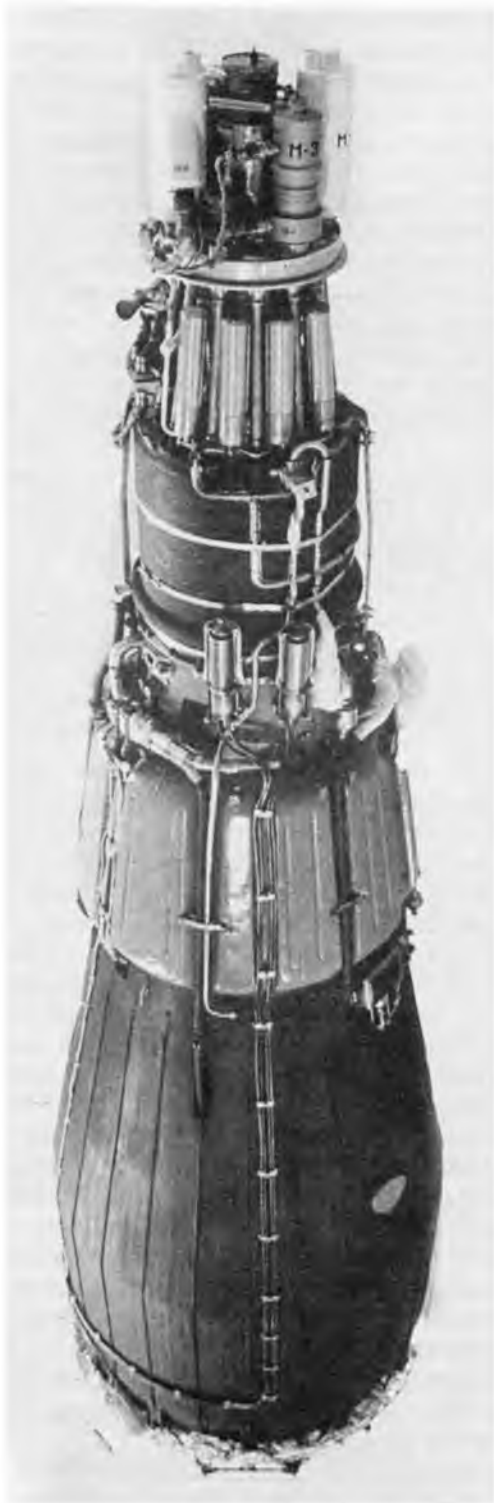
Космическая ядерная энергетическая установка с термоэлектрическим преобразованием энергии

зико-энергетический институт» и Сухумскому физико-техническому институту. Определяющий вклад в их создание внесли руководители и специалисты этих предприятий М.М. Бондарюк, Н.И. Михневич, И.М. Вишнепольский, Ю.Н. Глазунов, В.С. Николаев, И.Г. Гвердцители, Ю.Д. Губанов, С.П. Лалыкин, В.Я. Пупко, И.М. Гусаков, В.М. Дмитриев.

Разработки космической ЯЭУ с термоэмиссионным реактором-преобразователем (РП) типа «ТОПАЗ-1» стали важнейшим этапом последующего развития отечественной космической ядерной энергетики, открывшим возможности кардинального повышения электрической мощности и ресурса ядерных бортовых источников энергии. Создание космических ЯЭУ на основе термоэмиссионного РП, объединяющего функции ядерного реактора и генератора электрической энергии в пределах единой конструкции, представляло собой несравненно более сложную научно-техническую задачу, чем реализация энергетической системы с отдельными реактором и генератором. Реализация конструкции такого РП требовала комплексного решения проблем в таких разнородных областях науки и техники, как реакторная физика, физика плазмы, теплофизика и гидродинамика жидкометаллических теплоносителей, электротехника и автоматическое управление и т.п. Был необходим также принципиальный прорыв в области высокотемпературного материаловедения и технологии. Достаточно сказать, что нижняя тем-

пература цикла преобразования энергии в термоэмиссионном РП (500–600 °С) соответствует верхней температуре цикла преобразования энергии в современных паровых турбинах, на использовании которых базируется практически вся стационарная энергетика.

Создание космических ЯЭУ и, в частности, термоэмиссионной ЯЭУ типа «ТОПАЗ-1» как наиболее перспективной для использования в современных и будущих космических программах, потребовало мобилизации возможностей не только отечественной ядерной энергетики и промышленности, но и ряда смежных отраслей. Концепция космической энергетической системы с термоэмиссионным РП была выработана в ГНЦ РФ «Физико-энергетический институт» в результате комплексного анализа нейтронно-физических характеристик схем таких реакторов, многочисленных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований на критических стендах. Там же была разработана технология электрогенерирующих элементов и электрогенерирующих каналов (ЭГК), изготовлены сотни образцов ЭГК для имитационных и петлевых испытаний, а также не менее десятка полных комплектов ЭГК для отработки термоэмиссионных РП. Была отработана технология обращения с жидкометаллическим теплоносителем — эвтектическим сплавом натрия—калия, изучены теплопередача и гидродинамика в потоках жидких металлов. Научное руководство работами по термоэмиссионным ЯЭУ в ГНЦ РФ



Космическая ядерная энергетическая установка «Топаз-1» с термоэмиссионным преобразованием энергии

«Физико-энергетический институт» на разных стадиях осуществляли И. И. Бондаренко, А. И. Лейпунский, В. А. Кузнецов, О. Д. Казачковский, В. Я. Пупко, В. И. Субботин, В. А. Малых, А. Н. Рыжков, И. П. Засорин, А. И. Ельцов, А. В. Визгалов.

В 1962 г. были начаты работы по созданию термоэмиссионной ЯЭУ как конструкции, ориентированной на определенные технические условия и конкретный космический объект. Под руководством Г. М. Грязнова и В. И. Сербина при участии таких ведущих специалистов, как М. Е. Федотов, Е. Е. Жаботинский, В. В. Лапшов, Ю. Л. Труханов, М. С. Вольберг, А. С. Воробьев, И. П. Богуш, А. Н. Макаров, были проведены все проектно-конструкторские работы по ЯЭУ и изготовлены ее макеты и образцы для технологических, энергетических и летных испытаний. На этой стадии к работам по реализации проекта ЯЭУ были привлечены такие предприятия Минсредмаша, как НПО «Луч» (разработка технологии изготовления бериллиевого отражателя и гидридциркониевого замедлителя для РП на промежуточных нейтронах), НИИ неметаллических материалов (разработка технологии гидридциркониевого замедлителя), Ульяновский металлургический комбинат (поставка заготовок для бериллиевого отражателя), Новосибирский завод химических концентратов (изготовление радиационной защиты из гидрида лития) и ряд других. На той стадии, когда проектные разработки ЯЭУ вышли на уровень испытаний наземных прототипов, в ГНЦ РФ «Физико-энергетический институт», был создан уникальный, действующий и в настоящее время, испытательный стендовый комплекс с вакуумной камерой, позволяющий имитировать условия космического пространства при наземных энергетических испытаниях ЯЭУ; на этом испытательном стенде в 1970 г. впервые в мире были проведены испытания наземного прототипа ЯЭУ типа «ТОПАЗ» (Государственная премия СССР за 1972 г.), которые подтвердили правильность заложенных в их конструкцию принципиальных технических решений, а затем доводочные ресурсные энергетические испытания наземных образцов ЯЭУ «ТОПАЗ-1», причем два из них — зачетные, предшествующие испытаниям в космическом пространстве. Важнейший элемент космической ЯЭУ — система автоматического управления для автономного пуска ЯЭУ и ее последующего автономного функ-

ционирования в космическом пространстве — была разработана организацией, специализирующейся на проблемах управления (А.С. Абрамов, С.Ф. Фарафонов, Н.И. Карташев). В общей сложности в работах по ЯЭУ «ТОПАЗ-1» участвовало несколько десятков предприятий и организаций ряда отечественных министерств и ведомств, ведущими среди которых были предприятия Минсредмаша.

Итогом работ, выполненных по программе создания термоэмиссионной ЯЭУ «ТОПАЗ» первого поколения, были орбитальные испытания двух летных образцов ЯЭУ. Испытанная в космическом пространстве ЯЭУ «ТОПАЗ-1» с РП на промежуточных нейтронах с объемом активной зоны 22 л и загрузкой урана-235 12 кг имела полезную электрическую мощность около 6 кВт при напряжении постоянного тока на клеммах РП 32 В, длину 4,7 м при максимальном диаметре 1,3 м, массу (без пусковых аккумуляторных батарей) 1200 кг. Первый в мире космический запуск термоэмиссионной ЯЭУ состоялся в феврале 1987 г. («КОСМОС 1818», орбита высотой 810/970 км), второй — в июле 1987 г. («КОСМОС 1867», орбита высотой 797/813 км). В этих орбитальных испытаниях был достигнут годовой ресурс работы реакторной ЯЭУ в условиях космического пространства — мировой рекорд, не превзойденный до настоящего времени и отмеченный Государственной премией и государственными наградами. Единственная зарубежная реакторная ЯЭУ, запущенная в космическое пространство в 1965 г. (ЯЭУ SNAP-10A с термоэлектрическим преобразованием энергии, США), отработала на орбите 43 сут при существенно меньшей, чем у ЯЭУ «ТОПАЗ-1», номинальной электрической мощности (около 500 Вт). Если наработка электроэнергии ЯЭУ SNAP-10A за время функционирования на орбите составила около 500 кВт·ч, то первая и вторая ЯЭУ «ТОПАЗ-1» выработали около 20 тыс. и 50 тыс. кВт·ч соответственно, т. е. в 40–100 раз больше.

Итоги работ по реакторным термоэлектрическим и термоэмиссионным ЯЭУ космического назначения свидетельствуют о том, что космическая ядерная энергетика оформилась в России как самостоятельная отрасль ядерной энергетике. В стране создана кооперация предприятий и соответствующая организационная и промышленная инфраструктура, обес-

печивающая весь цикл изготовления, отработки, испытаний и запуска ЯЭУ в составе КА. Успехи, достигнутые этой кооперацией в области создания космических ЯЭУ, до настоящего времени не превзойдены специалистами других стран; по оценкам иностранных специалистов, опережение Россией других стран, работающих в этой области (США, Франции) составляет около 10 лет. Большую организующую и координирующую роль в становлении и развитии космической ядерной энергетики России сыграл центральный аппарат Минсредмаша во главе с его руководителями Е.П. Славским, И.Д. Мороховым, А.Г. Мешковым, Л.Д. Рябевым, В.К. Коноваловым, А.М. Петросьянцем, а также начальниками и ведущими работниками 16 ГНТУ, ГНТУ, 3 ГУ, 4 ГУ, 5 ГУ и 6 ГУ, где особенно большой вклад внесли Ю.И. Данилов, В.М. Тюгин, В.С. Васильковский, Н.С. Поляков, А.С. Ошанин, Э.И. Белоусов и многие другие специалисты.

В последние годы усилия разработчиков космических ЯЭУ в ГП «Красная Звезда» были ориентированы, главным образом, на разработку проектов термоэмиссионных ЯЭУ типа «ТОПАЗ-1» второго поколения. В процессе выполнения программы работ по космическим термоэмиссионным ЯЭУ этого типа выявились такие возможности разработанной схемы термоэмиссионных ЯЭУ, которые позволяют рассматривать ЯЭУ типа «ТОПАЗ» второго поколения как базу для последующего развития ЯЭУ космического назначения, отвечающих перспективным энергетическим потребностям космической техники: электрической мощности от нескольких десятков до сотен киловатт и ресурсу до 7–10 лет.

Концепция термоэмиссионных ЯЭУ типа «ТОПАЗ» второго поколения с РП на промежуточных нейтронах включает следующие основные положения:

в РП используются унифицированные по радиальным размерам, основным конструкторским и технологическим решениям многоэлементные ЭГК;

коммутация унифицированных ЭГК в электрическую цепь обеспечивает выходное напряжение РП на уровне 120 В;

наряду с длительным режимом работы в течение 5–6 лет, который характеризуется средней удельной плотностью преобразования в ЭГК около 2,5 Вт/см², возможен форсирован-

ный режим с уровнем средней удельной плотности преобразования энергии около 5 Вт/см^2 в течение времени до 20% полного ресурса работы;

для обеспечения длительных ресурсов работы максимальная температура теплоносителя (эвтектического сплава натрий—калий) в ЯЭУ с РП на промежуточных нейтронах ограничена на форсированном режиме значением $600 \text{ }^\circ\text{C}$;

термоэмиссионные ЯЭУ второго поколения с РП на промежуточных нейтронах имеют одинаковый состав и конструктивно-компоновочную схему и разрабатываются на основе нескольких различающихся по уровню выходной электрической мощности, но аналогичных по основным конструктивным и технологическим решениям базовых типоразмеров РП; ЯЭУ с РП базовых типоразмеров имеют в длительном режиме полезную электрическую мощность от 10 до 40 кВт, а на форсированном режиме — от 35 до 100 кВт.

Существующий научно-технический задел по термоэмиссионным ЯЭУ типа «ТОПАЗ» второго поколения и состояние проектных, производственно-технологических и экспериментально-доводочных наработок по основным системам этих ЯЭУ в настоящее время таково, что позволяет вести дальнейшие разработки ЯЭУ такого типа непосредственно со стадии опытно-конструкторских работ. Для таких ЯЭУ решены практически все критические проблемы, включая проблему обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Исходным положением разработок таких ЯЭУ является то, что энергетические и массогабаритные характеристики ЯЭУ должны соответствовать возможностям существующих и перспективных космических средств выведения полезных нагрузок на рабочие орбиты, а также удовлетворять энергетическим потребностям задач освоения и использования космического пространства ближайшего будущего. По проведенным оценкам, эти задачи для своего решения требуют оснащения КА системами энергоснабжения с выходной электрической мощностью до 100 кВт.

НАПРАВЛЕНИЕ ИЗОТОПНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Работа по созданию изотопных ЯЭУ как бортовых источников тепла и электрической

энергии была начата в 1962 г. Универсальность этих источников, а также потенциальная возможность использования в космических полетах практически любой сложности и длительности послужили основанием для выполнения целого комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ как по получению различных энерговыделяющих, стойких соединений, включающих нуклид, так и по конструкторскому воплощению собственно генераторов изотопного тепла и электрической энергии для космических аппаратов. Так, под руководством А.Г. Волгина (ОКБ «Заря») в содружестве металлургами и технологами (З.В. Ершова, ВЦИИНМ) была разработана и отлажена технологическая линия для получения нуклида полония-210, предназначенного для снаряжения топливного блока изотопного генератора. В ОКБ «Заря» (главный конструктор С.А. Пашков) был разработан и реализован комплекс конструкторских и организационных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности на всех этапах изготовления, испытания и применения радионуклидных источников (И.М. Горский, В.И. Козлов, В.С. Николаев, Л.Е. Португал). Конструкции изотопных электрогенераторов и источников тепла космического назначения была создана в ОКБ «Заря» при участии СФТИ, НИИГрафит (Д.Д. Севрук, И.М. Горский, В.И. Козлов, Р.Н. Марагинский, Н.М. Афанасьев, Г.Д. Баранов). В 1965 г. два изотопных электрогенератора с полониевым источником тепла были выведены на околоземную орбиту в составе ИСЗ Космос-84 и Космос-90 и успешно отработали, обеспечив заданные характеристики и ресурс.

В 1970 г. на Луну была доставлена станция Луна-17 с первым самоходным аппаратом «Луноход-1». Установленный на борту «Лунохода-1» изотопный блок обогрева позволил обеспечить более чем 10-месячное активное существование «Лунохода-1». В создании его конструкции основное участие принимали сотрудники ОКБ «Заря» Ф.Ф. Колготин, В.И. Перминов, А.В. Дворянинов, А.Д. Дюков, В.В. Морозов. Эта работа была отмечена Государственной премией.

С применением радионуклидов в ОКБ «Заря» был также разработан ряд других устройств, в том числе:

изотопный термоэмиссионный генератор на

нуклиде туллий-170 — экспериментальный образец, прошедший испытания с натурным источником (А.Н. Чуманов);

автономный тепловой блок с изотопным источником для системы жизнеобеспечения пилотируемого космического аппарата (В.И. Перминов, В.В. Морозов, А.Д. Дюков, А.В. Дворянинов).

НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО НАЗЕМНЫМ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫМ ЯЭУ

В период с 1969 по 1986 г. в ОКБ «Заря» — НПО «Красная Звезда» под руководством Г.Н. Жемчужникова был разработан проект реакторного блока передвижной АЭС специального назначения электрической мощностью 630 кВт. Проект был осуществлен силами внутриминистерской кооперации предприятий (завод «Двигатель», ПНИТИ, ИАЭ им. И.В. Курчатова, ВНИИСИ, ИЯЭ БССР).

Созданная конструкция транспортабельного энергетического реактора тепловой мощностью 5000 кВт с диссоциирующим теплоносителем полностью прошла доводочные испытания в составе АЭС, обеспечив расчетный ресурс при заданных параметрах. ЯЭУ, созданная на базе этого реактора, продемонстрировала работоспособность в течение заданного ресурса, подтвердив тем самым реальность выбранного направления создания транспортабельных АЭС. Дальнейшее развитие работ по созданной передвижной АЭС не состоялось в связи с событиями после аварии на Чернобыльской АЭС.

Ведущая роль в разработке и создании конструкции реакторного блока передвижной АЭС принадлежала сотрудникам НПО «Красная Звезда» (В.И. Перминов, Ю.А. Зимин, В.Н. Чекалин, М.Л. Гуревич, В.М. Медвецкий, А.В. Дворянинов, Н.К. Бондарев, В.В. Елисеев, А.Д. Дюков, В.А. Максаков, С.И. Гопиенко, В.А. Еремин, К.И. Яковлев и др.).

НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ РЕАКТОРАМ

Сотрудниками НПО «Красная Звезда» в сотрудничестве с сотрудниками ИАЭ им. И.В. Курчатова была разработана конструкция исследовательского реактора малой мощности (30 кВт) с топливом в виде водного раствора сульфата уранила. Этот реактор предназначен

для применения как источника нейтронов в составе различных лабораторных комплексов, для активационного анализа, неразрушающего контроля материалов и изделий, производства радионуклидов, для обучения персонала.

Конструкция растворного реактора «Аргус» обладает максимальной внутренней безопасностью, обусловленной сочетанием конструкторских и нейтронно-физических характеристик, обеспечивающих саморегулирование реактора. Реактор имеет кампанию 10 лет и максимальную плотность потока тепловых нейтронов $1,2 \cdot 10^{12}$ нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ при рабочей загрузке по урану-235 1,8 кг. В создании реактора «Аргус» основное участие принимали от НПО «Красная Звезда» Г.Н. Жемчужников, В.И. Перминов, В.И. Козлов, А.М. Беневоленский, Н.М. Афанасьев, И.Д. Тимофеев, от ИАЭ им. И.В. Курчатова — В.И. Хвостинков. Изготовлено три образца этого реактора для Москвы, Уфы и Душанбе.

НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ

Начиная с 1970 г. в ОКБ «Заря», а затем в НПО «Красная Звезда» были развернуты работы по созданию специальных установок, предназначенных для термостатирования чувствительных элементов электронной аппаратуры космических аппаратов. Передача тепла в таких установках осуществлялась с помощью тепловых труб, работающих в условиях невесомости без энергетических затрат при отсутствии каких-либо механических средств прокачки теплоносителя (насосов, вентиляторов).

В период 1970—1974 гг. в НПО «Красная Звезда» была развернута работа по созданию низкотемпературных теплопередающих устройств, способных работать в диапазоне температур от 163 до 308 К (-110 — $+35$ °С). На основании конструкторских разработок и значительных исследовательских работ для этой цели были созданы конструкции тепловых труб с теплоносителем фреоном-22. На основе этих тепловых труб были разработаны конструкции и изготовлены излучатель и теплопровод с аккумулятором тепла (термобуфером). Была разработана оригинальная методика расчета и испытания низкотемпературных тепловых труб, позволяющая подтвердить в назем-

ном эксперименте работоспособность тепловой трубы в штатных (на борту КА) условиях.

В 1974 г. был изготовлен экспериментальный теплопровод, предназначенный для исследования теплового режима термостатируемого объема в космическом полете и оценки эффективности работы теплопровода. Экспериментальный теплопровод был запущен в 1974 г. на борту искусственного спутника Луны 8ЕЛС220. Анализ телеметрических данных показал соответствие проектных характеристик теплопровода и характеристик, полученных в процессе эксперимента.

В 1973 г. подтвердило свои характеристики при использовании в составе космического аппарата на околоземной орбите изделие 21Е, созданное в результате большого объема экспериментальных, конструкторских и расчетных работ. Мощность отводимого теплового потока составляла 8 Вт при уровне температуры 188 К (-85°C). Гарантированный ресурс изделия составил 1,5 года. Его изготовление и наземные испытания осуществлялись на Заводе электромеханического оборудования (Протвино). В 1975 г. поставка этих изделий была включена в народнохозяйственный план страны. Для уменьшения обратного теплового потока от Солнца по новому техническому заданию было разработано и создано изделие 21ЕМ, в котором были применены тепловые трубы с односторонней проводимостью (диоды). С 1980 г. по настоящее время осуществляется эксплуатация этой системы. Наибольший ресурс, подтвержденный в процессе эксплуатации, составляет 5,5 лет, при этом отводимая тепловая мощность могла повышаться до 20 Вт. Отказов системы в процессе эксплуатации не зафиксировано. Работа отмечена Государственной премией и наградами.

В развитие работ по термостабилизации космической аппаратуры были разработаны еще два изделия — 91 и 91У, которые отличались от изделия 21ЕМ тем, что охлаждали два прибора, причем с помощью компоновки радиаторов и диодных теплопроводов было в два раза увеличено время охлаждения приборов (12 ч в сутки). Работы были закончены проведением доводочных и предварительных испытаний, а также поставкой заказчику двух опытных образцов изделий для стендовых и летных испытаний.

В 1980 г. НПО «Красная Звезда» приступило к разработке принципиально новой системы,

необходимой для охлаждения фотоэлектронного устройства с обеспечением сканирования последнего на угол $\pm 2^{\circ}3'$. Была разработана серия изделий 87Г6, 87Г6М и 87Г6У с диапазоном рабочих температур от 183 К (-90°C) до 123 К (-150°C) и отводом тепловых потоков от 20 до 8 Вт. Техническое задание на теплопровод, стыкуемый с фотоэлектронным устройством, выпустило НПО «Орион». Гарантированный ресурс системы составляет 3 года. Изготовителем и испытателем узлов изделия является завод электромеханического оборудования. Первый запуск изделия 87Г6 был осуществлен в феврале 1991 г.; система функционировала без замечаний в течение 4,5 лет. В настоящее время эксплуатация изделий продолжается.

В процессе перспективных научно-исследовательских разработок в 1985—1995 гг. коллективом НПО «Красная Звезда» были созданы тепловые трубы, работающие на уровне температур 80 К (рабочее тело кислород), а также стенд для их испытаний, термосифоны на аммиаке, предназначенные для захолаживания воды и грунта от естественного холода. Кроме этого, было разработано устройство, осуществляющее прекращение передачи теплового потока при достижении определенной температуры на заданном узле.

НАПРАВЛЕНИЕ НЕОБСЛУЖИВАЕМЫХ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ЯДЕРНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Задачи децентрализованного теплоэнергоснабжения на основе автономных источников энергии с учетом экономико-географических особенностей России в последнее время стали наиболее актуальными. Основными потребителями таких энергоисточников могут быть небольшие поселки и жилые модули, расположенные в отдаленных, в основном северных районах. Отсутствие развитой инфраструктуры, большие транспортные расстояния, суровые климатические условия выдвигают ряд особых требований к этим энергоисточникам.

Перспективным решением задачи может быть использование необслуживаемых (так же как космических ЯЭУ) саморегулируемых атомных термоэлектрических станций малой мощности (НС АТЭС), разработанных для специальных целей совместно ГП «Красная Звезда», РНЦ «Курчатовский институт», ПО

«Ижорские заводы» и рядом других предприятий. Использование этих разработок для народного хозяйства приводит к созданию энергоустановок, имеющих малую мощность и размеры, что позволяет принимать относительно простые и в то же время эффективные решения, обеспечивающие полную безопасность НС АТЭС при нормальной эксплуатации и в аварийной ситуации.

Такие станции могут работать без участия персонала на энергетическом режиме.

Все основные технические решения, заложенные в проект НС АТЭС «Елена», отработаны на реакторном прототипе — ядерной термоэлектрической установке «Гамма» в РНЦ «Курчатовский институт», работающей с 1981 г. по настоящее время.

Представленный в 1992 г. на проводимый Ядерным обществом России конкурс проектов АС малой мощности, проект «Елена» успешно прошел экспертизу и признан лучшим среди проектов АС теплоснабжения в классе до 10 МВт тепловой мощности реактора.

НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО УПРАВЛЯЕМОМУ ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ

С 1975 г. в НПО «Красная Звезда» по инициативе его ведущих специалистов и при поддержке руководства Минсредмаша начаты проектно-конструкторские и научно-исследовательские работы по созданию экспериментальных термоядерных установок. В этих работах на практике воплощались пионерские идеи советских ученых в области освоения энергии термоядерного синтеза. Эти работы базировались на опыте коллектива НПО по созданию высоконадежной ядерной энергетической техники, в которой теплоносителями служили легкоплавкие жидкие металлы, и уникальном комплексе экспериментально-технологического оборудования, позволяющего создавать, испытывать и отрабатывать сложнейшие высокотемпературные жидкометаллические и другие системы.

В период до 1989 г. в НПО разрабатывались проекты термоядерных установок с инерционным удержанием плазмы («Вулкан», «Монблан», «Ангара», ИТРЭП, «Дельфин-2»). В настоящее время успешно работает созданная совместно с НИИЭФА и филиалом РНЦ «Курчатовский институт» в г. Троицке уста-

новка «Ангара-5» с поджигом термоядерной мишени электронными пучками.

Начиная с разработки в 1975 г. жидкометаллического литиевого контура бланкета термоядерного реактора Т-20 в ГП «Красная Звезда» последовательно проводится и отстаивается в проектах национального реактора ОТР, ДЕМО и проекте международного реактора ITER идея использования жидкого лития как материала, обладающего уникальным комплексом свойств, требующихся для реализации термоядерных проектов. Для экспериментального обоснования этой идеи создана единственная в своем роде технологическая база, обеспечивающая полный цикл работы с литием от предконтурной подготовки до уничтожения отходов. Создана стендовая база, позволяющая производить комплексные испытания материалов, арматуры, агрегатов в динамических литиевых системах, изготовленных из новых материалов (сплавов молибдена, ванадия, ниобия), при 400–200 °С. Выполнен комплекс материаловедческих и технологических исследований, обосновывающий возможность использования в литиевых системах термоядерных реакторов малоактивируемых сплавов на основе ванадия, позволяющий решить проблему МГД-эффектов в литиевых системах созданием на внутренней поверхности жидкометаллических трактов самовосстанавливающихся покрытий с особыми свойствами, решающий вопросы совместимости материалов с литием и др. В рамках этих исследований созданы высокотемпературные (рабочая температура до 1600 °С) литиевые тепловые трубы для снятия тепловых нагрузок.

В настоящее время специалистами ГП «Красная Звезда» и АО «Прана» разработана принципиально новая концепция жидкометаллического литиевого дивертора термоядерного реактора, позволяющая ему работать в стационарном режиме при тепловых нагрузках до 50 МВт/м² и выше. Это решение, защищенное патентом России, открывает возможность практической реализации не разрешенной до настоящего времени задачи — создания работоспособного дивертора термоядерного реактора.

Инициаторами и активными проводниками новых идей являются Г.М. Грязнов, В.А. Евтихин, Н.В. Самсонов, А.Н. Чуманов, И.Е. Люблинский, А.А. Тарбов, А.В. Вертков, А.А. Мосин, В.Ф. Сенькин и многие другие.

К земному солнцу

(История исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР и России на установках токамак)

Н.С.Чеверев

1. ВВЕДЕНИЕ

Сорок шесть лет тому назад, когда начались исследования по овладению энергией управляемого термоядерного синтеза, вопрос энергетического обеспечения человечества не имел такой остроты, которую он приобретает в наше время. В те, теперь уже далекие времена, учеными, начавшими эти исследования, руководило скорее извечное любопытство и стремление к новому и неизведанному, сулившее, на первый взгляд, быстрый успех. Как ближайшая цель предполагалось, что термоядерные реакции будут использованы в интересах военных применений. Поэтому в первые годы эти исследования в СССР, а также в США и Англии были строго засекречены и начались они почти одновременно.

Сегодня человечество более остро озабочено своим энергетическим будущим. Перед обществом поставлена серьезная задача отыскания новых источников энергии. Общеизвестно, что в разработке новых энергетических процессов безусловный приоритет будет отдаваться источникам, сочетающим три фактора: высокие экологические характеристики, приемлемые экономические показатели и способность решать энергетическую проблему человечества в глобальном масштабе.

В современном мире подавляющие потребности в энергии обеспечиваются за счет сжигания органического топлива: нефти, газа и угля, но уже к середине XXI века, т. е. при жизни молодой части сегодняшнего поколения людей, по прогнозам будет ощущаться острый дефицит органического топлива. Особенно это относится к запасам нефти и газа. Переход к крупномасштабной энергетике на основе угля, запасов которого хватает на несколько сотен лет, грозит значительным ухудшением среды обитания человека из-за так называемого «парникового эффекта», отравления оксидами азота, дисперсионной золой и т. п.

Отыскание альтернативных источников энергии, отвечающих трем вышеназванным факторам, является задачей сегодняшнего поколения людей, так как энергетика одна из самых инерциальных систем и глобальный переход с одного источника на другой может потребовать нескольких десятилетий.

Анализ возможных решений этой проблемы показывает, что в принципе есть два пути бездефицитного (на тысячелетия) энергообеспечения: использование лучистой энергии Солнца и энергии ядерных реакций. Все другие источники (приливы, ветры, гидро) имеют ограниченное локальное значение и не могут рассматриваться как глобальная перспектива человечества.

Солнечная энергетика малых мощностей уже положительно проявляет себя. Однако специалисты отмечают, что наряду с неоспоримыми ее достоинствами, существует ряд ограничивающих технических моментов, не позволяющих пока рассматривать ее в качестве глобальной перспективы.

Ядерная энергетика на основе реакций деления ядер тяжелых элементов (урана) надежно показала свой потенциал и в ряде стран уже стала основным способом производства энергии. Действующая ядерная энергетика положительно отвечает на два фактора: приемлемая стоимость энергии и способность крупномасштабного решения энергетической проблемы. Серьезную озабоченность вызывает возможность полномасштабного решения экологических последствий глобальной энергетики Земли на основе ядерных реакций деления. На решение этой проблемы в настоящее время направлены основные усилия специалистов как в России, так и в других странах. Атомная энергетика имеет все основания рассматриваться в качестве глобальной энергетической перспективы человечества.

Природа открыла человеку и другую возможность использования внутриядерной энер-

гии, основанную на синтезе (слиянии) ядер легких элементов. Как отмечалось выше, уже почти полвека ученые и инженеры пытаются найти способы решения этой задачи. Пройденный путь и достигнутые при этом результаты дают основание рассматривать энергетику на основе реакций синтеза с учетом ее потенциальных особенностей, если не как альтернативу ядерной энергетике деления, то, как существенное дополнение к ней.

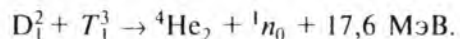
2. ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ

Наше Солнце миллиарды лет дает энергию всему живому на Земле. Внутри Солнца, в условиях огромных гравитационных полей, интенсивно протекают реакции ядерного синтеза — реакции слияния ядер легких элементов с выделением колоссальной энергии. Синтез возникает, когда тепловые хаотические скорости ядер достаточны для преодоления сил кулоновского отталкивания одноименно заряженных ядер. В условиях Солнца это происходит при температурах внутри его недр около 20 млн. °С. Как и в реакциях деления ядер тяжелых элементов, источником энергии реакций синтеза является так называемый «дефект масс», суть которого сводится к следующему: масса вступающих в реакцию ядер больше массы продуктов реакции. Энергия, выделяющаяся в результате реакции, определяется по известной формуле Эйнштейна

$$\Sigma = \Delta MC^2,$$

где ΔM — «дефект масс»; C — скорость света.

Таким образом, ученые поставили перед собой задачу воссоздания на Земле солнечных условий. На заре исследований было ясно, что в земных лабораторных условиях наиболее доступной является реакция слияния ядер изотопов водорода — дейтерия и трития с образованием ядер гелия (α -частиц) и нейтрона по схеме



На каждый акт реакции выделяется энергия в 17,6 МэВ, реализуемой в виде кинетической энергии нейтрона (80%) и ядра гелия (20%). Энергия нейтрона в последующем и должна быть в определенном теплоносителе преобразована в теплоту для последующего использования. Если этим теплоносителем является литий, то за счет ядерной реакции нейтрона с

изотопом лития по схеме $n_0^1 + {}^6\text{Li}_3 \rightarrow T_1^3 + {}^4\text{He}_2$ в теплоносителе происходит воспроизводство трития, который снова может быть использован в реакции. Это очень принципиально, так как тритий на Земле практически отсутствует. Таким образом, в конечном виде топливом для будущей энергетики будет служить дейтерий и изотоп лития, запасы которых на Земле достаточно велики,



Как показали первоначальные расчеты, в земных условиях для протекания реакций синтеза ядер дейтерия и трития необходимы гораздо более высокие температуры, чем в недрах Солнца. При этом смесь дейтерия и трития превратится в полностью ионизованную плазму, состоящую в нашем конкретном случае из положительно заряженных ядер дейтерия и трития и отрицательно заряженных электронов.

В своей жизни люди повседневно встречаются с «холодной» плазмой газоразрядных и люминесцентных ламп, но при реакциях синтеза приходится иметь дело с совершенно уникальным образованием, до этого не встречавшимся в практике — с высокотемпературной плазмой. Так одновременно с новой проблемой родилась новая область науки — наука о высокотемпературной плазме. Эта проблема в СССР и других странах получила название *управляемый термоядерный синтез* (УТС). *Управляемый* — в отличие от неуправляемого процесса выделения энергии при взрыве водородной бомбы (физические процессы одинаковы) и *термоядерный* — так как для своей реализации процесс требует предварительного достижения очень высоких температур (около 100 млн. °С). Очень скоро были поняты и сформулированы условия, при которых может протекать энергетически выгодная термоядерная реакция и которые собственно и определяли конечную цель исследований.

Первоначально количественно эти условия записывались в следующем виде:

$$n\tau_E \geq 2 \cdot 10^{20} \text{ частиц}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}) \text{ при } T_i \geq 10 \text{ кэВ},$$

где n — концентрация ядер дейтерия и трития в кубическом метре; τ_E — так называемое «энергетическое» время жизни плазмы, сек. «Энергетическое» время жизни плазмы — это время сохранения ее энергии или, если точнее, время, за которое энергия предварительно на-

гретой плазмы спадает в «е» раз (в 2,7 раза). T_i — температура, кэВ. (температура плазмы в 10^4 °С соответствует 1 эВ, т. е. $T_i \geq 10$ кэВ соответствует температуре ≥ 100 млн. °С). Критерий $n\tau_E \geq 2 \cdot 10^{20}$ получил название критерия Лоусона по имени английского ученого, впервые его подсчитавшего.

Сравнительно недавно все три параметра (n , τ_E и T_i) были объединены в один более удобный для использования критерий $n\tau_E T_i > 2 \cdot 10^{21}$ частиц/(м³ · с · кэВ).

Кроме указанного, существует еще один глобальный показатель, определяющий энергетическую выгодность процесса выделения энергии при реакции синтеза. В мировой литературе он получил символ Q — отношение энергии, выделившейся в результате термоядерной реакции синтеза, к энергии, затраченной на ее инициирование (предварительный нагрев плазмы до температуры 100 млн. °С). Детальное рассмотрение показывает, что для энергетически выгодного процесса должно быть выполнено условие $Q \geq 5$.

Вся многолетняя история исследования по управляемому термоядерному синтезу у нас и за рубежом — это длительный путь к достижению $n\tau_E T_i > 2 \cdot 10^{21}$ частиц/(м³ · с · кэВ) и $Q > 1$.

3. ПЕРВЫЕ ШАГИ

В самом начале исследований была осознана простая истина — невозможно представить себе ни одного материального тела, способного выдерживать температуры термоядерной плазмы — десятки миллионов градусов Цельсия. Необходимо было искать способы предотвращения прямых контактов термоядерной плазмы со стенками сосуда, в котором ее предполагалось создавать. Сейчас трудно с достоверностью сказать, кому первому пришла в голову идея воспользоваться свойством высокотемпературной плазмы как конгломерата положительно и отрицательно заряженных частиц и использовать магнитные и электрические поля для управления их движением и термоизоляции плазмы как целого. В справочнике «Физики», изданном в 1983 г., в качестве такого первопроходца назван И.Е. Тамм, академик, физик-теоретик, заведующий отделом Физического института Академии Наук СССР.

В СССР первая оформленная идея была высказана И.Е. Таммом и А.Д. Сахаровым в

1950 г., предложившими использовать магнитное поле для термоизоляции плазмы в тороидальной системе. Ими был произведен первый расчет возможного термоядерного реактора на этой основе.

Организационное начало исследований по термоядерной проблеме было положено постановлением Правительства СССР от 5 мая 1951 г. Этим постановлением Б. Л. Ванникову (с 1953 по 1958 г. — первый заместитель Министра среднего машиностроения), А.П. Завенягину и И.В. Курчатову предлагалось организовать научно-исследовательские и проектные работы по выявлению возможности получения самоподдерживающейся термоядерной реакции. Еще до этого, в октябре 1950 г., по инициативе заместителя начальника Первого Главного Управления (ПГУ) при Совете Министров СССР генерала Н.И. Павлова, к этим работам была подключена Лаборатория № 2, она же Лаборатория измерительных приборов, или впоследствии ИАЭ им. И.В. Курчатова и наконец, Российский Научный центр «Курчатовский институт». В филиале Лаборатории № 2 (КБ-11) работали И.Е. Тамм и А.Д. Сахаров. Упомянутым постановлением из резерва Совета Министров СССР были выделены первые целевые 10 млн. руб. для закупки конденсаторов, приборов, оборудования и строительства в Лаборатории № 2 специального корпуса — Бюро электроаппаратуры для проведения экспериментов. Тогда же в ПГУ из самых видных ученых: И.В. Курчатова (председатель), Л. А. Арцимовича, И. Н. Головина (заместители председателя), А. Д. Сахарова, И.Е.Тамма, М.А. Леонтовича, В.В. Владимирского, Д.В. Ефремова была создана комиссия для рассмотрения научных и технических вопросов этой новой проблемы. Руководителем работ по термоядерному синтезу в Лаборатории № 2, а через некоторое время и в СССР, стал Л.А. Арцимович, работу теоретиков возглавил М.А. Леонтович.

Тогда же на правительственном уровне бы-



Л. А. Арцимович



М. А. Леонтович



Б. Б. Кадомцев

ло решено поручить курирование и обеспечение работ по всем вопросам управляемого термоядерного синтеза Министерству среднего машиностроения, созданному в 1953 г. на базе ПГУ. В разные времена министрами этого Министерства были В.А. Малышев (1953—1955 гг.), А.П. Завенягин (1955—1956 гг.), Н.Г. Первухин (1957 г.). Наиболее существенные результаты в исследованиях по проблеме УТС были получены при Е.П.Славском, который был Министром среднего машиностроения с 1957 по 1986 гг. т. е. в период наибольшего расцвета этих исследований. В самом министерстве исполнительным и организующим органом работ по УТС стало Управление ускорительных установок и термоядерных исследований, которое с 1957 по 1975 гг. возглавлял К.Н. Мещеряков.

Первая экспериментальная установка тороидального типа была сооружена в Лаборатории № 2 в 1951 г. Это был стеклянный тор, окруженный толстостенным медным кожухом. В торе с помощью железного трансформатора возбуждался безэлектронный кольцевой разряд. Предполагалось, что плазма будет нагреваться омическим способом от протекающего по ней тока, а от соприкосновения со стенками будет удерживаться возбуждаемыми в медном кожухе наведенными токами Фуко. Это был первый верстовой столб на длинной дороге экспериментальных исследований по управляемому термоядерному синтезу.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИДИРУЮЩЕГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая идея удержания и термоизоляции плазмы с помощью магнитных и электричес-

ких полей породила массу предложений по ее конкретной реализации.

Можно выделить три главных направления исследований, которые вначале разрабатывались примерно при равных возможностях, вплоть до выявления лидирующего направления исследований. Первое из них явилось разви-



Е. П. Славский

тием идеи использования кольцевых плазменных конфигураций, заключенных внутри замкнутых магнитных систем. В СССР основными вариантами таких систем стали устройства с *внешним тороидальным магнитным полем и кольцевой плазмой с током* и системы так называемого стеллараторного типа. К первым из названных относится вышеупомянутое предложение И.Е.Тамма и А.Д.Сахарова, впоследствии приведшее в СССР к установкам типа токамак.

В стеллараторах удержание и термоизоляцию плазмы предполагалось осуществлять с помощью сложной системы внешних магнитных полей без каких-либо токов в плазме. Это направление было впервые предложено в США, у нас оно начало развиваться с 1956 г.

Вторым направлением следует назвать системы по удержанию плазмы в так называемых *открытых ловушках*, которые в отличие от кольцевых систем являются незамкнутыми. Отправным началом для исследования в таких системах в СССР послужило обоснование их академиком А.М. Будкером в 1952—1953 г., работавшим в то время в ИАЭ, как оказалось потом, сделанное практически одновременно с аналогичным предложением в США. Оба направления так или иначе в своем окончательном виде были ориентированы на осуществление квазистационарных или стационарных процессов протекания термоядерной реакции.

Третье направление, инициированное академиком Л.А. Арцимовичем в 1950 г., предполагало проведение исследований нагрева и удержания плазмы в прямых трубах без или с наличием внешнего однородного магнитного поля в условиях мощных импульсных сильно-

точных разрядов. Оно получило название быстрых процессов.

Именно с результатами исследований по «быстрым процессам» в СССР выступил в 1956 г. в Англии И.В. Курчатов, и это положило начало рассекречиванию работ по термоядерной проблеме и широкому международному сотрудничеству. На рис. 1 приведены схематические изображения установок токамак, открытой магнитной ловушки и одного из видов быстрых процессов. Помимо этих трех появились и другие предложения, количество которых возрастало по мере накопления знаний о законах поведения высокотемпературной плазмы и накопления опыта.

В начале 70-х годов окончательно оформились идеи так называемого *инерциального термоядерного синтеза*, принципиально отличного от вышеописанных систем магнитного удержания плазмы квазистационарного типа.

Особое место с самого начала возникновения всей проблемы имела задача разработки методов и аппаратуры для диагностики высокотемпературной плазмы.

Каждое из отмеченных предложений и разработок за период становления и начальных исследований имело свою богатую историю, историю взлетов и падений, разочарований и надежд, заслуживающих подробного рассмотрения в историческом плане. Когда начинались исследования по управляемому термоядерному синтезу и высказывались различные идеи, невозможно было предсказать и выбрать путь, который наверняка приведет к желанной цели.

Детальная разработка теории удержания плазмы, накопление экспериментального опыта, осмысливание физических процессов и их соотношение с предсказаниями теории привели к тому, что среди прочих направлений исследований постепенно начало вырисовываться лидирующее положение тороидальных установок с магнитным удержанием плазмы типа «токамак». Весьма существенным для этого направления было все более глубокое понимание протекающих физических процессов и совпадение экспериментальных результатов с расчетами, а также предсказуемый рост параметров плазмы по мере увеличения мощности установок. Экспериментальные результаты, полученные на установках токамак и доложенные советскими учеными в 1968 г. на Между-

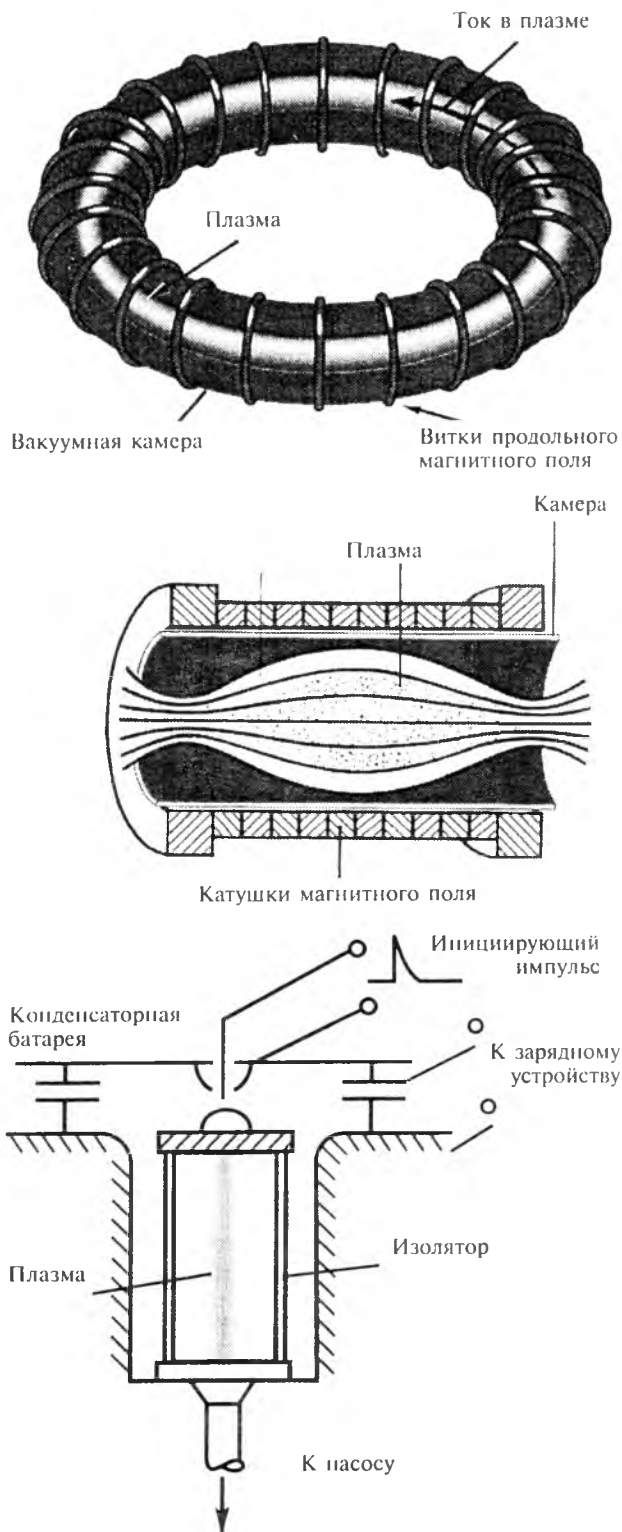


Рис. 1. Схемы токамака (а), открытой ловушки (б), и «быстрого» процесса (в)

народной конференции по управляемому термоядерному синтезу и физике плазмы в г. Новосибирске, носили характер информационного взрыва и были сначала с недоверием восприняты мировой научной общественностью. Затем началось распространение токамаков по всему миру и вскоре они заняли лидирующее положение в программах по управляемому термоядерному синтезу не только в СССР, но и в США, Европе и затем в Японии.

Не следует однако думать, что это был успех, основанный только на работе тех лабораторий, которые занимались токамаками. Как из ручейков образуются могучие реки, так и токамаки получали мощную поддержку от всего комплекса исследований по всем направлениям. И не только от исследований. Все лучшее и передовое, что создала к этому времени инициированная термоядерными исследованиями советская техника, было использовано при разработке и сооружении установок этого типа.

Все два прошедшие с 1950 г. десятилетия были соревнованием различных подходов к штурму термоядерной крепости, которая для всех направлений была «одинаково окружена стеной со всех сторон». В результате установки токамак вырвались вперед. В последующее после 1970 г. время исследования продолжали развиваться широким фронтом, однако лидирующее направление токамаков стало реальным фактом.

Далее будут более детально рассмотрены основные этапы развития исследований в СССР и России по направлению установок токамак.

Ключевые этапы исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР за период с 1950 по 1969 гг. приведены в табл. 1—3.

5. ТОКАМАКИ С 1950 ПО 1969 ГОДЫ

Из первоначальных расчетов И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова следовало, что в прямой трубе бесконечной длины, заполненной горячей плазмой, в продольном магнитном поле возможно осуществление самоподдерживающейся термоядерной реакции синтеза. Нереальное условие бесконечности трубы предлагалось решить сворачиванием ее в тор, т. е. в устройство, не имеющее торцов. Но так как в тороидальной системе с продольным магнитным полем возникает дрейф плазмы, как целого, на стенку камеры, для устранения его через плаз-

му предлагалось пропустить ток вдоль силовых линий магнитного поля. По расчетам такая система, т. е. тороидальная камера, заполненная горячей плазмой с продольным током в продольном магнитном поле, должна быть равновесной и макроскопически устойчивой.

Продольный ток в плазме должен был выполнять также функцию омического нагрева плазмы (как ток в проводнике). А.Д. Сахаров предложил индуцированный способ создания кольцевого тока в плазме. При этом кольцевой плазменный виток представлял собой вторичный виток трансформатора. При пропускании тока в первичной обмотке трансформатора в кольцевой камере индуцировалось вихревое электрическое поле, приводящее к электрическому пробое газа в камере и образованию плазмы с током.

Работы по изучению возможности создания термоядерного реактора по такой схеме начались в 1951 г. в отделе Электроаппаратуры Лаборатории № 2 (ИАЭ). Для тех времен технический вопрос создания тороидальных камер с продольным магнитным полем и кольцевым током в плазме не являлся простым, поэтому некоторые закономерности поведения плазмы с током в магнитном поле изучались на прямых системах конечной длины.

Первые тороидальные камеры, изготовленные в 1951 г., были стеклянными, с большим и малым диаметром соответственно 50 и 5 см. Камеры предварительно откачивались, заполнялись водородом до давления, при котором вихревое электрическое поле осуществляло пробой газа (10^{-2} — 10^{-3} мм рт. ст.). В этих первых установках продольное магнитное поле отсутствовало.

Эксперименты показали, что при электрическом пробое газа степень его ионизации не превышала 15—20%, а электронная температура плазмы была не более 1—5 эВ (10 000—50 000 °С). Это было первой пробой сил, начальной попыткой создать соответствующую технику для экспериментов и началом набора опыта и информации. По мере развития и расширения работ создание экспериментальной базы стало носить все более осознанный и целенаправленный характер.

В 1953 г. под руководством И.Н. Головина и Н.А. Явлинского на прямой цилиндрической трубе с продольным магнитным полем напряженностью до 12 тыс. Э (установка СК-1) бы-

Таблица 1. Перечень организаций, привлеченных к работам по УТС в период 1950–1969 гг.

Организация. Основные руководители	Дата начала работ по УТС	Направление
ИАЭ им. И.В.Курчатова И.Е. Тамм А.Д. Сахаров Л.А. Арцимович М.А. Леонтович Е.К. Завойский И.Н. Головин Н.А. Явлинский Д.А. Франк-Каменецкий Б.Б. Кадомцев В.Д. Шафранов Р.З. Сагдеев Е.П. Велихов	1951	Линейный пинч-разряд Магнитные системы типа «токамак» Открытые магнитные ловушки Инжекторы частиц и плазмы Высокочастотные методы стабилизации и нагрева плазмы Методы нагрева плазмы (турбулентный, высокочастотный и др.) Общие вопросы теории плазмы и применительно к конкретным системам Инженерные проблемы УТС
Сухумский физико-технический институт (СФТИ) Р.А. Демирханов И.Ф. Кварцхава Н.И. Леонтьев И.Г. Гвердцители	1956	Высокочастотные методы удержания и стабилизации плазмы Линейные и комбинированные пинчи (зет-пинчи и тэта-пинчи)
Харьковский физико-технический институт (ХФТИ) К.Д. Синельников В.Т. Толоч Я.Б. Файнберг	1956	Магнитные ловушки стеллараторного типа Взаимодействие пучков с плазмой Открытые магнитные ловушки с электрическими полями Инжекторы Высокочастотные методы нагрева плазмы
Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова Е.Г. Комар Н.А. Моносзон Б.В. Рождественский А.М. Столов И.Ф. Малышев	1958	Проектирование и изготовление крупных термоядерных установок Высокочастотные методы стабилизации плазмы Исследования на замкнутой магнитной ловушке «Альфа»
Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР М.С. Рабинович Н.Г. Басов Л.М. Коврижных	1958	Высокочастотные методы стабилизации плазмы Замкнутые магнитные ловушки стеллараторного типа Использование лазеров для получения плазмы
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (ФТИ) Б.П. Константинов Н.В. Федоренко В.Е. Голант Б.П. Перегуд	1958	Разработка методов диагностики плазмы Замкнутые магнитные ловушки типа токамак и сферическая ловушка «Торнадо» Высокочастотные методы нагрева плазмы

Продолжение табл. 1

Организация. Основные руководители	Дата начала работ по УТС	Направление
Институт ядерной физики СО АН СССР (ИЯФ СО АН) Г.И. Будкер Р.З. Сагдеев Ю.Ф. Нестерихин	1961	Замкнутые магнитные ловушки стеллараторного типа Открытые ловушки с магнитными пробками Импульсные разряды в сверхплотной плазме и сильных магнитных полях Ударный метод нагрева плазмы
Радиотехнический институт АН СССР А.Л. Минц М.Л. Левин	1961	Высокочастотные методы удержания и стабилизации плазмы
Всесоюзный научно- исследовательский ин- ститут вакуумной технологии Мини- стерства электронной промышленности С.А. Векшинский М.И. Меньшиков В.А. Симонов	1961	Вакуумная технология термоядерных установок Разработка вакуумных систем и измерительной вакуумной аппаратуры Взаимодействие плазмы и частиц с поверхностью
Институт физики АН Грузинской ССР Н.Л. Цинцадзе	1961	Теоретические исследования высокотемпературной плазмы
Институт физики АН УССР П.М. Марчук М.Д. Габович	1959	Замкнутые магнитные ловушки стеллараторного типа Взаимодействие пучков с плазмой
Ленинградский поли- технический институт МВ и ССО М.Г. Костенко С.Е. Забелин	1958	Разработка и изготовление специальных конденсаторов и коммутационной аппаратуры для термоядерных установок Исследование тэта-пинчей
Институт огнеупоров	1959	Разработка и изготовление специальных керамических вакуумных камер для установок с высокочастотными полями
Государственный проектный институт (ГСПИ-12) Ф.З. Ширяев	1956	Проектирование зданий для размещения экспериментальных термоядерных установок
ГИПРОНИИ АН СССР А.Г. Колодный	1953	Проектирование зданий для размещения экспериментальных термоядерных установок
Ленинградский электр- механический завод объ- единения «Электросила» И.М. Порохня	1956	Изготовление крупных термоядерных установок

Продолжение табл. 1

Трест № 1 Минсредмаша С.Д. Николаев	1956	Монтаж крупных термоядерных установок
Главмосстрой С.М. Спектор М.К. Дубовой	1951	Строительство зданий для размещения термоядерных установок в ИАЭ

Таблица 2. Этапы работ по УТС в 1950—1969 годах

Годы	Важнейшие этапы работ по УТС в СССР в 1950—1969 гг.
1950	Разработка первоначальной теории магнитного термоядерного реактора И.Е.Таммом и А.Д.Сахаровым
1951—1952	Исследование сильноточных прямолинейных разрядов, предложенных Л.А.Арцимовичем. Обнаружение нейтронного излучения, Ленинская премия 1956 г. (ИАЭ)
1953	Теоретическое обоснование открытых ловушек с магнитными пробками для удержания плазмы Г.И. Будкером (ИАЭ)
1953	Условие устойчивости плазменного шнура с током. Обоснование возможности создания установок типа токамак В.Д.Шафрановым (ИАЭ)
1954	Начало экспериментальных исследований на установках токамак под руководством И.Н. Головина и Н.А. Явлинского (ИАЭ)
1956	Доклад И.В.Курчатова в Харуэлле (Англия) по быстрым пинчам. Начало широкой публикации работ по УТС
1957	Теоретическое обоснование высокочастотных методов удержания плазмы С.М. Осовцом (ИАЭ)
1957	Теоретическое предсказание гидродинамической неустойчивости плазмы в открытых ловушках Б.Б. Кадомцевым (ИАЭ)
1958	Обнаружение магнитозвукового резонанса в плазме Е.К.Завойским, Д.А.Франк-Каменецким и сотрудниками (ИАЭ)
1958	Ввод в строй открытой ловушки «ОГРА-1» И.Н. Головиным и сотрудниками (ИАЭ)
1959—1961	Экспериментальное обнаружение гидродинамической желобковой неустойчивости плазмы в открытой ловушке и доказательство возможности ее стабилизации в полях с «минимумом β » М.С.Иоффе с сотрудниками (ИАЭ)
1961	Экспериментальное получение выхода нейтронов до 10^{10} за импульс на установке «Плазменный фокус» Н.В.Филипповым с сотрудниками (ИАЭ)
1961	Подтверждение теории А.И. Ахиезера и Я.Б.Файнберга о коллективном взаимодействии пучка электронов с плазмой, выполненное в ХФТИ Я.Б. Файнбергом с сотрудниками и в СФТИ Р.А. Демирхановым (ХФТИ, СФТИ)
1960—1966	Теоретическая и экспериментальная разработка турбулентного метода нагрева плазмы Е.К.Завойским с сотрудниками (ИАЭ)
1960—1965	Теоретическая и экспериментальная разработка ударного метода нагрева плазмы и получения ионов, нагретых до 100 млн. °С, Р.З. Сагдеевым и Ю.Е. Нестерихиным с сотрудниками (ИЯФ СО АН СССР)
1968	Экспериментальное получение устойчивой плазмы в магнитных системах типа токамак. Получение в установке Токамак-3 плазмы с температурой до 5 млн. °С, удерживаемой в течение сотых долей секунды, Л.А. Арцимовичем и сотрудниками (ИАЭ)
1968	Предложение А.Д. Сахарова с сотрудниками о сжатии термоядерной мишени лазерным излучением (закрытый отчет)
1968	Оценка возможности применения мощных пучков релятивистских электронов для термоядерного синтеза (закрытый отчет). Е.К.Завойский, Л.И. Рудаков с сотрудниками

Таблица 3. Затраты на исследования по УТС в СССР и количество специалистов, непосредственно привлеченных к проблеме УТС*)

Годы	Затраты, включая капитальные вложения, млн. руб.	Численность, чел.
1950	Нет данных	287
1951	10 (из резерва СМ СССР)	308
1952—1956	1,5 за весь период	410 (в среднем за год)
1957	4	848
1958	13,9	1410
1959	9,9	1583
1960	15,1	1848
1961	10,3	1924
1962	13,3	2107
1963	15,7	2187
1964	12,2	2236
1965	12,2	2300
1966	11,4	2357
1967	11,1	2377
1968	11,9	2288
Итого за 18 лет	152,5	

*По данным МСМ.

ли осуществлены эксперименты при разрядном токе через плазму до 700 тыс. А. Было обнаружено сильное влияние продольного магнитного поля на процесс поведения плазмы в разрядной камере. При напряженности поля, большей некоторого значения, наблюдалась четко очерченная граница плазменного шнура, оторванного от стенок разрядной камеры. Температура электронной части плазмы при этом достигала 15 эВ. При понижении напряженности продольного магнитного поля граница плазмы размывалась, и происходило соприкосновение ее со стенкой. Результаты этих опытов имели весьма существенное значение, так как, по-видимому, впервые экспериментально подтвердили предсказание теории о существовании критерия устойчивости прямого токового разряда в продольном магнитном поле. Вопросу устойчивости плазмы в работах теоретиков под руководством М.А. Леонтовича в начале 50-х годов уделялось самое серьезное внимание. Итоговым результатом широкого круга работ над этой проблемой стала работа В.Д. Шафранова (Лаборатория № 2 или ИАЭ впоследствии), определившего условия устойчивости плазменного шнура с током в продольном магнитном поле как для прямых, так и тороидальных конфигураций (так называемый критерий Крускала-Шафранова). Выполнение этого условия в дальнейшем стало обязательным при создании тороидальных уста-

новок с магнитным удержанием токовой плазмы. Условия накладывали определенные соотношения между значениями продольного тока в плазме и продольного магнитного поля и увязывались с геометрическими размерами плазмы.

Эксперименты в тороидальной геометрии с продольным магнитным полем начались в 1955 г., когда была введена в строй установка ТМП. Камера установки была изготовлена из фарфора с большим и малым диаметром соответственно 160 и 26 см. Максимальное значения напряженности продольного магнитного поля достигало 15 тыс. Э. В первых же опытах на установке подтвердился теоретически рассчитанный критерий устойчивости тороидальной токовой плазмы Крускала-Шафранова, что было весьма существенно для всей дальнейшей программы работ по установкам такого рода.

В установке ТМП температура электронной компоненты плазмы несколько повысилась, но никакие попытки поднять ее еще выше не приводили к успеху. Проведенные до этого опыты с разрядами на прямых фарфоровых трубах с магнитным полем показали значительный (до 70%) унос энергии из плазмы излучением на примесях к водородному разряду атомов кремния (основная составляющая материала разрядной камеры). Аналогичная картина подтвердилась и на установке ТМП —



А.П. Александров



Е.П. Велихов



И.Н. Головин

энергия из плазмы уносилась излучением на примесях, и это не позволило нагреть плазму до более высоких температур. Было сделано предположение, что атомы кремния попадают в плазму из локальных мест перегрева стенок фарфоровой камеры вследствие плохой теплопроводности. Необходимо было попытаться изготовить камеру из материала с высокой теплопроводностью. С этой целью по инициативе Н.А. Явлинского в 1958 г. была сооружена первая тороидальная установка с камерой из тонколистовой нержавеющей стали (установка Т-1). Однако и в этой установке не удавалось поднять температуру плазмы выше 15 эВ, хотя энергетика это позволяла. Измерения снова показали существенное излучение энергии из плазмы на примеси к разряду, теперь уже на атомах углерода.

В качестве небольшого отступления следует отметить, что примерно с этого времени тороидальные установки с продольным током в плазме и большим продольным магнитным полем получили название «токамак». Автором названия, по-видимому, следует считать И.Н. Головина, предложившего взять первые слоги из сочетания: тороидальная камера с магнитными катушками.

Отныне борьба с примесями стала одной из самых существенных задач исследований, продолжающаяся и в наши дни. Из проведенных к этому времени расчетных работ, в том числе В.И. Когана и других сотрудников (ИАЭ) следовало, что для объяснения упорного нежелания водородной плазмы повышать свою температуру достаточно иметь в плазме всего несколько процентов примеси к водороду атомов углерода и кислорода и еще меньше примесей более тяжелых элементов.

Было решено максимально возможно, используя последние достижения вакуумной техники, понизить значение начального, перед напуском в камеру водорода, вакуума и перед разрядом путем прогрева обезгазить металлическую вакуумную камеру. В конце 1959 г. в строй действующих вошла тороидальная установка Т-2, по геометрическим параметрам очень похожая на установку Т-1. Отличием ее от Т-1, оказавшимся весьма удачным, было использование системы вакуумной откачки камеры, позволявшей получать перед наполнением камеры водородом вакуум $5 \cdot 10^{-10}$ мм рт. ст. и имевшей систему предварительного прогрева камеры до температуры около 450 °С. Новшество сразу же дало ощутимый эффект: мощность радиационных потерь энергии из плазмы резко упала и, как следствие, температура электронной компоненты плазмы возросла примерно до 30 эВ (около 300 000 °С). Начиная с этого времени все вновь создаваемые установки токамак в обязательном порядке стали оснащаться самыми современными откачными устройствами с обязательным предварительным прогревом разрядной камеры.

Важной вехой в понимании процессов поведения плазмы в установках токамак было изучение влияния на поведение плазмы конструктивных особенностей установок, и в первую очередь влияния на равновесие токовой плазмы рассеянных магнитных полей, первоначально не учитываемых в идеализированных расчетах. Возможностей для появления таких полей было предостаточно: поля от подводящих токонесящих проводов, обмоток вихревого поля, неточностей при монтаже магнитной системы и т. п. Взаимодействие этих даже небольших полей с большим током в плазме могло породить значи-

тельные силы, приводящие к смещению плазменного шнура как целого к стенкам камеры и, как следствие, потере плазмой энергии и частиц. Это очень хорошо было продемонстрировано путем сравнения экспериментальных результатов, полученных на установке Т-2, о которой говорилось выше, и на установке ТМ-1, построенной в 1962 г. Установки мало чем отличались одна от другой, за исключением одного: тщательная конструктивная проработка обмотки, создающей вихревое электрическое поле позволила на установке ТМ-2 в районе расположения плазменного шнура резко уменьшить значение вредных рассеянных магнитных полей. В результате температура плазмы в установке ТМ-2 в 3 раза превышала температуру плазмы в установке Т-2 и достигла примерно 100 эВ (около 1 млн. °С).

Для системного изучения вопросов влияния поперечных к направлению тока в плазме магнитных полей и связанного с этим равновесия плазменного витка с током в 1963 г. в строй была введена установка Т-5. Конструктивной особенностью установки являлось наличие восьми витков, расположенных между камерой из нержавеющей стали и медным кожухом, окружавшим камеру. С помощью этих витков создавались поперечные магнитные поля, регулируя значение напряженности которых можно было управлять положением плазменного витка с током относительно ограничивающей плазму диафрагмы. Эксперименты показали, что симметричное расположение плазменного витка относительно диафрагмы позволяет получать максимальную температуру плазмы. Начиная с этого времени, управляющие витки стали обязательным атрибутом вновь создаваемых установок токамак.

Подводя итог работы за прошедшее время, Л. А. Арцимович сказал на первой конференции МАГАТЭ по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу в 1961 г.: «Сейчас всем ясно, что первоначальное предположение о том, что двери в желанную область сверхвысоких температур откроются без скрипа, при первом же мощном импульсе творческой энергии физиков, оказалось столь же необоснованным, как и надежда грешника войти в царство небесное, минуя чистилище. И все же вряд ли могут быть какие-нибудь сомнения в том, что, в конечном счете, проблема управляемого термоядерного синтеза будет решена,

неизвестно только, насколько затянется наше пребывание в чистилище. Из него мы должны выйти с идеальной вакуумной технологией отработанными магнитными конфигурациями, точно заданной геометрией магнитных силовых линий, с программированными режимами электрических контуров, неся в руках спокойную устойчивую высокотемпературную плазму, чистую, как мысль физика — теоретика, когда она еще не запятнана соприкосновением с экспериментальными фактами». Эти десятилетние исследования определили окончательную принципиальную схему установок токамак, которая без существенных принципиальных изменений лежит в основе современных установок этого вида. На рис. 2 приведена эта принципиальная схема.

Анализ большого объема экспериментальных и теоретических результатов показывал, что хотя технологические усовершенствования в токамаках привели к существенному росту параметров плазмы, однако принципиальный путь дальнейшего их увеличения заключался в росте геометрических размеров установок.

К этому времени было, например, ясно, что один из важнейших параметров плазмы — энергетическое время жизни τ_E — пропорционален квадрату малого радиуса плазмы. Так как малый и большой радиусы плазмы связаны между собой жесткой зависимостью, увеличение малого радиуса приведет к росту диаметра тора и, как следствие, к значительному увеличению масштабов энергетики, вакуумной системы и т. п. Старое здание Электроаппаратуры и небольшое здание Бюро измерительных приборов в ИАЭ, где до сих пор размещались термоядерные установки, стали тесны и не могли обеспечить решение новых задач.

Правительством было принято специальное решение о строительстве в ИАЭ новых лабораторных помещений для исследований по проблеме управляемого термоядерного синтеза. Уже летом 1960 г. эти новые площади начали заселяться. Вместе со зданиями Электроаппаратуры и Бюро измерительных приборов весь комплекс, включая вновь построенные здания, получил название Отдел плазменных исследований (ОПИ). В частности, установка Т-5, о которой говорилось выше, была сооружена уже в новых лабораторных помещениях.

Учитывая все научные и технические достижения в исследованиях на установках токамак,

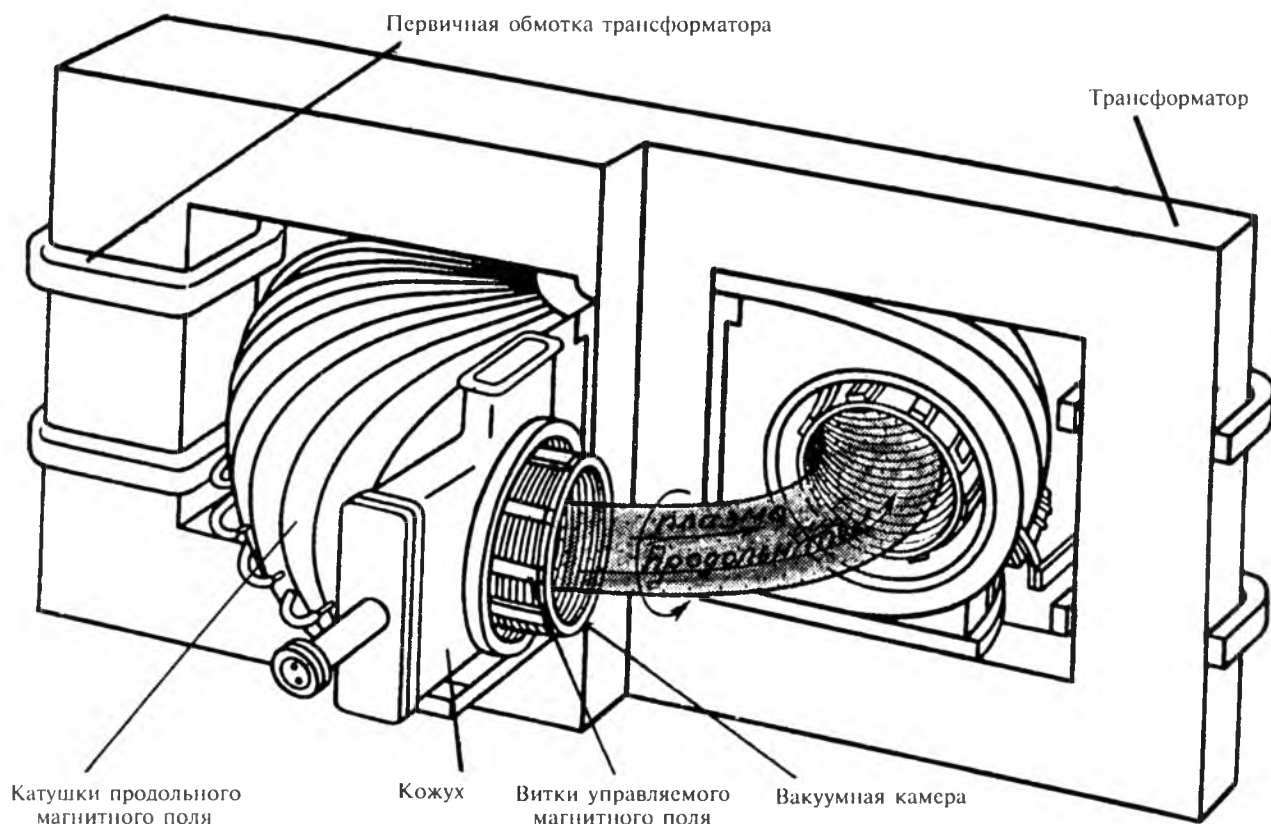


Рис. 2. Отработанная схема токамака

ИАЭ еще летом 1957 г. выдал задание на проектирование новой более мощной установки, которая получила название Т-3. Вакуумная камера установки должна была иметь большой и малый диаметры соответственно 200 см и 40 см и продольное магнитное поле напряженностью до 40 тыс. Э. Создание такой установки уже выходило за рамки технических возможностей Отдела плазменных исследований ИАЭ. Главным конструктором установки был определен НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, значительная часть оборудования установки была изготовлена там же.

Главный конструктор вложил в проектирование Т-3 весь полученный к этому времени опыт создания и эксплуатации предыдущих установок токамак. Установка Т-3 была введена в строй в 1960 г. и разместилась в новых лабораторных помещениях Отдела плазменных исследований. Уже в 1962 г. на установке были получены первые экспериментальные ре-

зультаты — плазма с электронной температурой около 100–140 эВ (т.е. более 10^6 °С).

Помимо Отдела плазменных исследований ИАЭ работы по системам типа токамак примерно с 1958 г. стали проводиться в Ленинграде во ФТИ им. А.Ф. Иоффе под руководством В.Е. Голанта. Отличительной особенностью установки «Туман», построенной там в 1964 г., была возможность использования на первой стадии работы установки классического омического нагрева плазмы за счет протекающего по ней тока и так называемого адиабатического подогрева в нарастающем магнитном поле на второй стадии процесса. Результатом проведенных опытов было принципиальное подтверждение возможности дополнительного нагрева омически нагретой плазмы адиабатическим способом в быстро нарастающем продольном магнитном поле. В дальнейшем работы такого рода стали основным направлением деятельности лаборатории В.Е. Голанта.

В 1958 г. в НИИЭФА им. Д.В. Ефремова под

руководством директора института Е.Г. Комара по образу и подобию тороидальной установки «Зета», построенной до этого в Англии, была в рекордно короткие сроки (8 мес) сооружена тороидальная установка «Альфа». В отличие от систем установок токамак, в которых ток через плазму протекал в сильном продольном магнитном поле, в этой установке магнитное поле принципиально было слабым. Расчеты и теория позволяли надеяться на реализацию таких систем. «Альфа» для тех времен была самой крупной тороидальной установкой: большой и малый диаметры вакуумной камеры составляли соответственно 320 и 100 см, амплитуда продольного тока через плазму достигала 400 кА при продольном магнитном поле напряженностью 1200 Э. Исследования на установке проводились с широким участием сотрудников ФТИ им. А.Ф. Иоффе с 1958 по 1966 гг. и дали много новых знаний о поведении плазмы в подобных системах и позволили разработать много новых методов по измерению параметров плазмы. Многочисленными экспериментами было установлено, что слабое продольное магнитное поле не может обеспечить устойчивость плазменного шнура с сильным током. Было признано, что они не представляют интереса с точки зрения создания на их основе термоядерного реактора. С 1966 г. это направление в СССР прекратило свое существование. Аналогичные эксперименты проводились в Отделе приборов теплового контроля ИАЭ, но на более мелких установках.

К 1964 г. в Отделе плазменных исследований действовали пять крупных установок токамак: ТМ-1, ТМ-2, Т-2, Т-5, Т-3. Постепенное внедрение в конструкции и технические решения единых осознанных принципов их создания позволило выявить общие закономерности поведения плазмы в них. Что особенно существенно, эти закономерности начали соответствовать предсказаниям теории. Особенно это касалось вопросов магнитогидродинамической устойчивости токовой плазмы и ее равновесия. Эти доказательные выводы стали основным содержанием выступления представителей советской делегации на конференции МАГАТЭ по мирному использованию атомной энергии в 1964 г. в Женеве.

В 1965 г. на 2-й Международной конференции по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу в Англии эти результаты, но

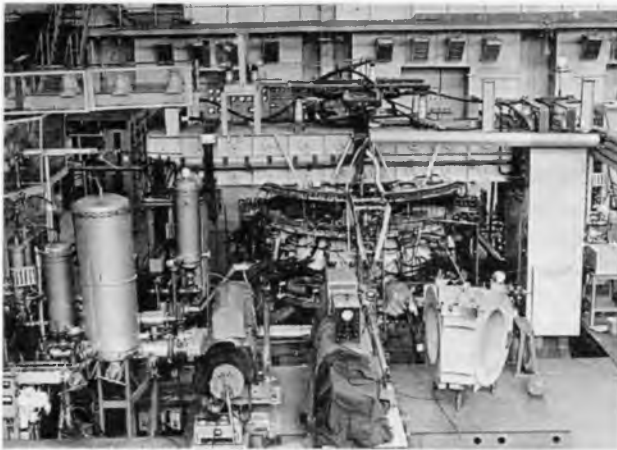
в более детальном изложении, были доведены до сведения широкого круга участников конференции, представлявших различные направления исследований по проблеме управляемого термоядерного синтеза. Научной общественности постепенно становилось ясно, что в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу рождается лидирующее направление исследований, однако пока СССР был единственной страной, где существовали установки токамак.

Перелом наступил после 3-й Международной конференции МАГАТЭ по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, состоявшейся в 1968 г. в Новосибирске. Главное внимание участников конференции привлекли доклады советских ученых, доложивших результаты работ на установках токамак за 1965—1968 г., среди которых было сообщение о результатах плазменных исследований в ИАЭ, полученных на установке Т-3. К этому времени на установке была получена плазма с уникальными для установок с магнитным удержанием плазмы параметрами: температурой электронов около 700 эВ, температурой ионов плазмы примерно 500 эВ, концентрацией плазмы $5 \cdot 10^{19}$ частиц в 1 м^3 и временем жизни энергии $\tau_E \approx 0,02$ с. Обобщенный параметр $nT_i \tau_E$ (тогда им еще не пользовались) достигал $5 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3} \cdot \text{кэВ} \cdot \text{с}$. Это было еще далеко от необходимого ($2 \cdot 10^{21}$), но значительно превышало (на порядки) достигнутое по другим направлениям.

Копившийся в течение многих лет опыт создания и эксплуатации установок токамак, внедрение новых качественных усовершенствований в каждый последующий создаваемый токамак привели к резким количественным изменениям параметров плазмы. На рис. 3 приведен график изменения одного из параметров плазмы — температуры по годам (электронная температура).

Однако иностранные участники конференции разбегались с некоторым сомнением к достоверности приведенных советскими учеными результатов. Сомнения касались в основном правильности измерения параметров плазмы, так как предполагалось, что у нас нет достаточно надежной диагностической аппаратуры и методик.

Уверенный в своей правоте научный руководитель работ по токамакам Л.Д. Арцимович



Токамак Т-3

предложил английским ученым из Калэмской лаборатории приехать в ИАЭ с их аппаратурой и провести совместный эксперимент по измерению параметров плазмы, который был проведен в 1969—1970 гг. К этому времени токамак Т-3 был несколько модернизирован и получил название Т-3А. Английские специалисты использовали в совместном эксперименте хорошо освоенную ими методику и аппаратуру по измерению параметров плазмы с помощью анализа прошедшего через плазму лазерного излучения. Измерения блестяще подтвердили все результаты, доложенные на Новосибирской конференции. Сомнения были отброшены, и с этого момента токамаки энергично стали внедряться в программы исследований по управляемому термоядерному синтезу во всех странах и вскоре во многих из них заняли лидирующие позиции.

Было бы справедливым назвать фамилии ученых и инженеров, которые стояли у истоков термоядерных исследований на установках токамак в ИАЭ. Некоторые фамилии упоминались по ходу изложения, но полный список был бы необъятно велик. Приходится ограничиться только некоторыми из них. Это К.А. Разумова, В.С. Срелков, Г.Г. Долгов-Савельев, Д.П. Иванов, А. К. Спиридонов, В. С. Муховатов, С.В. Мирнов, Е.П. Горбунов, В.Д. Кириллов, К.Б. Карташев, В.В. Сеницин, Ю.Н. Днестровский, Г.А. Бобровский, Э.И. Кузнецов, Г.Н. Плоскирев, Д.А. Щеглов, И.Б. Семенов и др. В исследованиях этого периода особую роль сыграли разработки и применение диагностической аппаратуры и методик в исследованиях

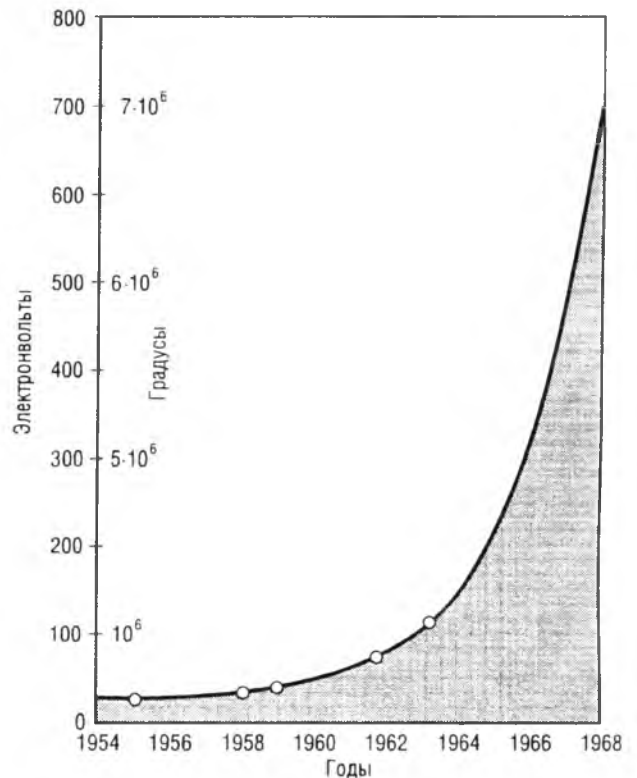


Рис. 3. График роста температуры электронов в установках токамак по годам

нового физического образования, которым стала высокотемпературная плазма.

Разработка большинства диагностик началась с нуля. В исследованиях по управляемому термоядерному синтезу за эти прошедшие двадцать лет был пройден путь от плазмы газоразрядных приборов с температурой в десятые доли электронвольт (10^3 °C) до температур плазмы токамаков 1000 эВ (10 млн. °C). Была создана аппаратура микроволнового зондирования плазмы для определения бесконтактным способом ее концентрации, аппаратура по измерению температуры плазмы по мягкому рентгеновскому излучению, диамагнитная методика для измерения энергосодержания плазмы, аппаратура по определению температуры ионов по атомам перезарядки и т. п. Совершенно уникальные возможности дало применение лазеров для измерения почти всех наиболее важных параметров плазмы. Рост температуры плазмы открыл возможность определения параметров плазмы по нейтронному излучению. Историческое систематизирован-

ное описание этого широкого круга деятельности ждет своего автора.

6. ТОКАМАКИ С 1970 ПО 1980 ГГ.

Блестящий анализ проделанной за прошедшие годы работы провел Л. А. Арцимович в статье «О перспективах исследований по проблеме управляемого термоядерного синтеза», опубликованной в журнале «Успехи физических наук» в 1967 г. Касаясь результатов, полученных к этому времени на установках токамак, он писал «...принципиальная возможность осуществления в установках токамак режимов с положительным выходом энергии кажется обнадеживающей». Это заключение, а также опубликованная в этом же номере журнала статья Б. Б. Кадомцева о средствах борьбы с неустойчивостями плазмы по существу определили пути дальнейшего технического развития токамаков.

Все последующие годы исследования по управляемому термоядерному синтезу проходили под знаком укрепления лидирующих позиций установок токамак. Токамаки вышли на мировую арену под своим собственным именем. Слово «токамак» стало таким же международным, как и слово «спутник».

Под влиянием успехов этого направления исследований в США крупнейший стелларатор «С» переоборудуется в токамак ST, стелларатор КЛЕО в Англии — в КЛЕО-токамак, сооружаются токамаки в Массачусетском технологическом институте и Окриджской национальной лаборатории США, в Фонтане-о-Розво Франции, в Институте им. Макса Планка в ФРГ.

Уместно было бы привести фрагменты из выступления известного американского ученого Г. Фюрта на слушании в Конгрессе США состояния дел по термоядерным исследованиям в США, состоявшегося в конце 70-х годов: «...Русские необычайно умны и это отражается в том факте, что они сделали ставку на токамак. ...Я думаю, что мы проиграли, поставив на стелларатор. ...Они поставили нас на верную колею, и наша индустриальная база может помочь нам оказаться впереди, хотя мы и не так умны».

В исследованиях на установках токамак в СССР в течение последующих после Новосибирской конференции лет можно отметить две

особенности их проведения: работа на установках токамак сравнительно малого размера, создание и эксплуатация которых не требовали специальных Правительственных решений и осуществлялись за счет текущих бюджетных ассигнований, которые регулярным образом выделялись Минсредмашем (и АН СССР) подчиненным организациям и исследования на крупных установках, создание которых требовало Правительственных решений с выделением целевых капитальных средств, определением кооперации привлекаемых организаций, указанием сроков поставки оборудования, строительства и пуска. В экономических условиях жизни в СССР в описываемое время такие решения были обязательным условием создания крупных объектов, так как иными способами заставить промышленность и строительные организации выполнить соответствующие заказы, даже при наличии средств, было невозможно.

Основные исследования на установках токамак в этот второй период их развития были выполнены в ИАЭ. Небольшие установки также действовали в СФТИ (Сухумский физико-технический институт) и ФТИ им. А. Ф. Иоффе (Ленинградский физико-технический институт).

В 1971 г. в Отделе плазменных исследований ИАЭ начала работать установка Т-4, по своим геометрическим размерам очень близкая к своей знаменитой предшественнице — установке Т-3. В комплекс установки входил весь доступный к этому времени арсенал диагностики плазмы: датчики измерения тока и напряжения, магнитные зонды для определения смещения плазменного шнура как целого, многоканальный радиоинтерферометр для измерения плотности плазмы, система измерения температуры электронов плазмы на основе поглощения мягкого рентгеновского излучения в тонких фольгах, датчики диамагнитного сигнала для определения полной энергии плазмы и т. п. Особое внимание было обращено на измерение параметров ионной компоненты плазмы. На установке был размещен диагностический инжектор быстрых атомов водорода, с помощью которого измерялись распределение и концентрация ионов плазмы и их температура по сечению. Температура ионов измерялась также по интенсивности потока нейтронного излучения при добавлении в

водородную плазму нормированного количества дейтерия (достигнутые температуры плазмы допускали протекание термоядерных реакций синтеза в дейтерии с испусканием регистрируемого количества нейтронов).

Максимально достигнутая в экспериментах температура электронов достигала 2,5 кэВ, ионов — 0,6 кэВ (примерно $2,5 \cdot 10^6$ и $0,6 \cdot 10^6$ °С соответственно) при концентрации плазмы на оси разряда $n = 5 \cdot 10^{19}$ частиц в 1 м^3 времени удержания энергии $\tau_E = 0,017 \text{ с}$ ($n\tau_E T_i \approx 0,5 \times 10^{18}$).

Для уменьшения взаимодействия плазмы со стенками камеры в установке была использована массивная ограничивающая разряд вольфрамо-рениевая диафрагма. Было показано, что при сильном взаимодействии плазмы с диафрагмой примеси тяжелых ионов приводят к излучению на своих характеристических линиях огромного количества энергии. Для количественного сравнения качества различных режимов разрядов определялось усредненное значение заряда ионного состава плазмы $Z_{\text{эфф}}$ по отношению к заряду иона водорода, принимаемого за единицу. При некоторых особо неблагоприятных условиях $Z_{\text{эфф}}$ достигало 10. Замена вольфрамо-рениевой диафрагмы на угольную приводила к уменьшению $Z_{\text{эфф}}$ в 1,5—2 раза. В дальнейшем значение $Z_{\text{эфф}}$ использовалось для сравнения между собой различных установок токамак по «чистоте» состава разрядной плазмы. Естественно, задачей было достижение $Z_{\text{эфф}}$, близкого к единице.

Одновременно с Т-4 в ИАЭ был сооружен токамак Т-6. Его размеры были близки к Т-4: большой и малый диаметры вакуумной камеры тора соответственно 140 и 56 см. На установке детально изучались вопросы устойчивости плазмы. Существенной конструктивной особенностью установки была малая гофрировки продольного магнитного поля на оси вакуумной камеры (около 0,5%) по сравнению с 3% на установке Т-4. Достигалось это за счет большего количества катушек, создававших продольное поле (32 катушки). Малое значение гофров и привело к обнаружению в некоторых режимах разряда пучка ускоренных до 500—700 кэВ электронов. Искусственное введение большей гофры (путем отключения одной из катушек) приводило к исчезновению ускорительного режима. Это обстоятельство

стало учитываться при создании новых установок.

В 1975 г. установка Т-6 была модернизирована в Т-11 с целевой задачей проведения на ней опытов по дополнительному нагреву плазмы при инжекции в нее пучка быстрых нейтральных атомов. К этому времени дополнительный нагрев плазмы в установках токамак превратился в одну из важнейших самостоятельных проблем. Как отмечалось выше, продольный ток в плазме помимо функции термоизоляции плазмы от стенок камеры выполняет также задачу ее нагрева по аналогии с нагревом током любого проводника с энергоделиением мощности в нем согласно формуле I^2R , где R — сопротивление проводника. Отличительной особенностью плазмы является падение ее омического сопротивления по мере роста температуры и, как следствие, падение эффективности нагрева, которое можно было бы скомпенсировать увеличением тока в плазме, однако допустимое значение его при заданном продольном магнитном поле жестко ограничено сверху условием устойчивости плазменного шнура (критерий Крускала-Шафранова). Расчеты показали, что предельная температура плазмы, которую можно достичь в установках токамак классическим токовым нагревом, лежит в пределах 2—2,5 кэВ, т. е. в 4—5 раз меньше необходимой для протекания интенсивной термоядерной реакции синтеза в дейтериево-триетевой плазме.

В СССР и за рубежом было предложено несколько методов дополнительного нагрева плазмы: инжекция в плазму мощного пучка энергичных частиц, электромагнитного излучения от внешних генераторов и другие способы.

Предложение об использовании нейтральных частиц пришло к нам из США. Идея метода заключалась в том, чтобы извне ввести в плазму мощный поток частиц, энергия которых должна быть усвоена плазмой. Так как плазма токамаков повсюду окружена магнитным полем, предлагалось инжектировать в нее пучок нейтральных частиц, свободно проходящий через магнитные барьеры. В предварительно нагретой омическим способом плазме нейтральные частицы могут ионизоваться и захватиться в режим удержания, отдавая посредством столкновений свою энергию окружающей плазме. Достоинством этого метода нагрева является непосредственная передача

энергии от пучка к той компоненте плазмы, которая собственно и участвует в термоядерных реакциях синтеза — ионам дейтерия и трития.

В первых опытах на установке Т-11 мощность инжектора нейтральных частиц атомов водорода, разработанных Н.Н. Семашко с сотрудниками, составляла 200 кВт при энергии частиц около 25 кэВ, из которых примерно 40 кВт вводилось в плазму. Впоследствии вводимая в плазму мощность нейтрального пучка была увеличена до 140 кВт, что почти равнялось мощности вложений в плазму за счет ее омического нагрева током (около 160 кВт).

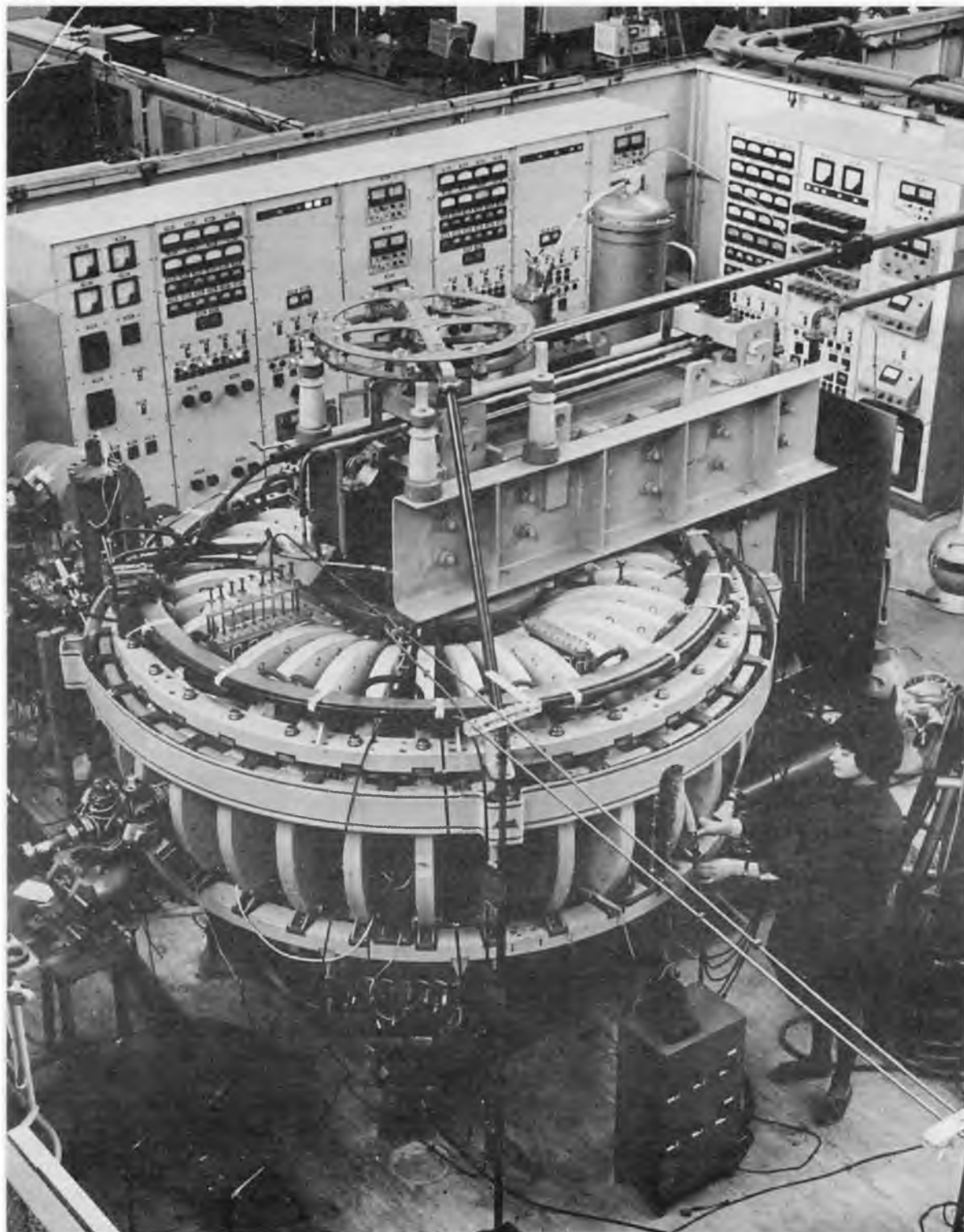
Эксперименты показали высокую эффективность передачи энергии от пучка к плазме: ионная температура поднялась со 150 (омический нагрев) до 400 эВ, температура электронов — с 400 до 530 эВ. Результаты имели для нас принципиальное значение, так как, во-первых, продемонстрировали нашу техническую готовность к созданию новой уникальной техники (инжекторов нейтральных частиц) по параметрам, не уступающим нашим западным партнерам и, во-вторых, обосновали необходимость дальнейшего развития работ по этому перспективному методу дополнительного нагрева плазмы для более мощных установок токамак и будущего термоядерного реактора.

Примерно к этому же времени относится начало экспериментов на установках токамак по отработке другого способа дополнительного нагрева плазмы — использования высокочастотных полей. Исследования взаимодействия высокочастотных полей с плазмой были начаты в ИАЭ еще в середине 50-х годов с изучения возможностей их использования для целей стабилизации и удержания. В конце 60-х годов произошла их ориентация на более актуальную проблему — дополнительный нагрев. Помимо ИАЭ ей активно занимались в ФТИ им. А.Ф. Иоффе применительно к токамакам и в ХФТИ — применительно к стеллараторам. Было высказано несколько предложений по применению различных диапазонов высокочастотных полей для нагрева плазмы, отличающихся как физическими принципами, так и технической реализуемостью.

К чисто российской идее относится предложение об использовании сверхвысокочастотных полей (СВЧ) для дополнительного нагрева плазмы за счет резонансного взаимодейст-

вия вращающихся в магнитном поле электронов плазмы с электромагнитной волной. Для эффективной передачи мощности от волны к электронам частота переменного электромагнитного поля должна быть равна или кратна частоте вращения электронов в магнитном поле установки. Для реально применяемых в установках токамак продольных магнитных полей это соответствовало диапазону высокочастотных полей от 30 ГГц (длина волны 1 см) и более. Существенное ускорение эти работы получили после открытия А.В. Гапоновым-Греховым с сотрудниками в Институте прикладной физики АН СССР (ИПФ АН СССР) нового принципа генерации мощных высокочастотных коротковолновых колебаний и создавших на этой основе генераторы, получившие название гиротроны.

Первые эксперименты с использованием этих приборов начались на установке токамак ФТ-1 в ФТИ им. А.Ф. Иоффе и в ИАЭ на установке ТМ-3, о которой говорилось выше. В экспериментах 1970—1974 гг. на установке ТМ-3, проведенных В.В. Аликаевым с сотрудниками, использовались гиротроны с длиной волны излучения 1 см (30 ГГц) мощностью примерно 100 кВт и длительностью высокочастотного импульса около 10^{-3} с. Было зарегистрировано почти полное резонансное поглощение плазмой СВЧ-энергии. Прирост температуры электронов плазмы за счет дополнительного нагрева составил около 200 эВ на фоне начальной температуры примерно 250 эВ, т. е. была продемонстрирована довольно высокая эффективность. Такие же результаты были получены и при переходе на гиротроны с более высокой частотой (60 ГГц или 5 мм длина волны). Измерениями было установлено, что нагреву подвергается основная масса электронов плазмы. Отмечены были также два следующих существенных обстоятельства: во-первых, при вводе СВЧ-мощности в камеру токамака не наблюдалось дополнительного поступления примесей со стенок (существовало опасение, что взаимодействие больших высокочастотных полей с металлическими стенками приведет к этому) и, во-вторых, рост температуры за счет дополнительного нагрева плазмы увеличил время жизни энергии в плазме τ_E (также существовало опасение, что большие высокочастотные поля вызовут сильное возмущение в плазме). Обнадеживающие ре-



Токомак Т-6



Е.Г. Комар

зультаты первых экспериментов сыграли определяющую роль в дальнейшей разработке этого метода нагрева плазмы. Было осознано, что его дальнейшая долгосрочная перспектива связана с созданием гиротронов с большой (примерно 1 МВт) единичной мощностью в одном приборе, переходом на длительный и в конечном счете, непрерыв-

ный режим генерации с частотами соответствующими продольным магнитным полям крупных установок токамак и будущего термоядерного реактора (140—170 ГГц или 2—1,5 мм длина волны).

В это же время на установке ТМ-3 были проведены первые пристрелочные эксперименты по так называемому нижнегибридному высокочастотному нагреву плазмы. Для этого метода нагрева характерный диапазон частот электромагнитных колебаний определяется соотношением частоты обращения ионов в магнитном поле, т.е. зависит от рода ионов а также и плотности плазмы. Для конкретных параметров плазмы установки Т-3М этому условию отвечали генераторы магнетронного типа с длинной волны излучения в районе 15 см (примерно 2 ГГц). В первых экспериментах увеличение энергии плазмы при таком виде дополнительного нагрева было незначительным.

К описываемому периоду все созданные установки токамак имели круглое сечение тороидальной плазмы. В то же время согласно расчетам Л.А. Арцимовича и В.Д. Шафранова некруглая вытянутая по вертикали форма плазмы позволяла надеяться на получение более высоких параметров плазмы при тех же самых значениях продольного тока в плазме. Идея была весьма привлекательна, так как в случае ее подтверждения давала надежду на существенные энергетические выгоды при создании крупных установок токамак следующего поколения. С целью проверки расчетов в период 1972—1976 гг. в ИАЭ были построены две установки Т-8 и Т-9 с некруглым сечением плаз-

мы. Опыты подтвердили основные результаты расчетов, однако в то время эти работы не получили дальнейшего развития из-за занятости другими проблемами токамаков. Как показала дальнейшая история развития токамаков, именно такая форма плазменного шнура была принята при разработке Международного проекта термоядерного экспериментального реактора ИТЭР.

Нельзя также не отметить, что первый в СССР токамак с устройством для очистки плазмы от примесей, получившим в последствии название дивертор, был построен в ИАЭ.

К концу 60-х годов становится ясно, что дальнейшее продвижение в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу связано с созданием все более крупных установок. В 1969 г. Минсредмашем с подчиненными организациями и Академией наук СССР был подготовлен проект Постановления Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии работ по управляемому термоядерному синтезу и физике плазмы», подписанный 13 июня 1969 г. В качестве одной из основных задач Постановлением предусматривалось дальнейшее развитие экспериментальных и теоретических исследований по удержанию и нагреву плазмы в замкнутых системах. На строительство новых крупных термоядерных установок планировалось выделение в течение 1970—1975 гг. 40 млн. руб. капитальных средств и 8 млн. руб. на переоснащение термоядерных лабораторий СССР современной аппаратурой. Если вспомнить уровень затрат на исследования по управляемому термоядерному синтезу в предыдущие годы (см. табл. 3), следует отметить существенное их возрастание.

Среди прочих, постановлением предусматривалось создание в ИАЭ крупной термоядерной установки типа токамак, рассчитанной на получение водородной плазмы с плотностью $n \approx 10^{20}$ частиц в 1 м^3 , временем удержания энергии τ_E , составляющим примерно десятые доли секунды и температурой плазмы $T \approx 1,5\text{—}2 \text{ кэВ}$ (обобщенный показатель $n\tau_E T_i \approx 10^{19}$ частиц/($\text{м}^3 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$)). Установка получила название Т-10 (Токамак-10). В качестве дополнительных методов нагрева плазмы планировалось использование высокочастотных и сверхвысокочастотных полей.

Исходя из основных проектных параметров плазмы были определены главные показатели

будущей установки: малый и большой диаметры вакуумной камеры соответственно примерно 78 и 300 см; напряженность магнитного поля на оси тора около 50 000 Э; ток в плазме приблизительно 650 кА.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 8 июня 1971 г. установка Т-10 была включена в перечень важнейших объектов IX пятилетки. Следующим Постановлением Совета Министров СССР от 16 октября 1971 г. был определен срок пуска установки (III квартал 1974 г.) и определена кооперация организаций по ее созданию.

НИИЭФА им. Д.В. Ефремова был назначен главным конструктором технологического оборудования установки, ГИПРОНИИ АН СССР и ГСПИ Минсредмаша — генеральными проектировщиками, Главмосстрой — генеральным подрядчиком строительной части, заводы ЛЭЗ ЛЭО «Электросила», Харьковский электромеханический (ХЭМЗ), Производственное объединение «Конденсатор», завод «Балтиец», Московский завод им. Куйбышева — поставщиками основного электротехнического оборудования. В НИИЭФА работы по проектированию установки Т-10 возглавил директор института Е.Г. Комар, а затем заменивший его в 1974 г. на этом посту талантливый ученый и энергичный организатор В.А. Глухих. Сметная стоимость комплекса Т-10 была определена в 20 млн. руб. и в процессе строительства была строго выдержана (один из немногих, если не единственный в этом роде научный объект, не перерасходовавший плановые суммы). Сооружение Т-10 происходило в условиях соревнования с лабораториями и промышленностью США, поставившими себе задачу построить токамак ПЛТ, аналогичный по параметрам Т-10.

Специально созданной и руководимой заместителем Министра среднего машиностроения И.Д. Мороховым рабочей группой был разработан и строго контролировался поэтапный график строительства и поставки оборудования установки. Но даже в этих условиях решением Комиссии Президиума Совета Министров СССР срок ввода установки был перенесен с III квартала 1974 г. на II квартал 1975 г. в основном по причине отставания работ на заводе ЛЭЗ ЛЭО «Электросила». Пуск установки состоялся 30 июня 1975 г., на несколько месяцев раньше пуска американского токамака ПЛТ. Практически до конца 1975 г. на

установке в результате экспериментов в плотную приблизились к достижению параметров плазмы, которых следовало ожидать при использовании омического нагрева плазмы.

В апреле 1976 г. в результате перегрева одной из катушек обмотки продольного магнитного поля установка вышла из строя и эксперименты на ней возобновились лишь год спустя. Типовой режим проведения экспериментов на установке при омическом нагреве плазмы осуществлялся при следующих параметрах: продольное магнитное поле напряженностью 3,0—3,5 тыс. Э, ток в плазме примерно 400 кА, плотность плазмы около $5 \cdot 10^{19}$ частиц в 1 м^3 . Уже через 0,1 с после начала импульса температура электронной компоненты плазмы в центре шнура достигала 1—1,2 кэВ, температура ионов 0,6—0,9 кэВ. Максимальное значение энергетического времени жизни при омическом нагреве составило 0,08 с. Очень важный показатель, характеризующий степень «чистоты» плазмы, $Z_{\text{эф}}$ оказался близким к единице. При напуске в камеру дозированного количества дейтерия возникало нейтронное излучение термоядерного происхождения с потоком $(2—6) \cdot 10^9$ нейтронов за импульс.

В 1979 г. на установке Т-10 проводится эксперимент по дополнительному нагреву плазмы с помощью сверхвысокочастотных волн на основе ранее обнаруженного эффективного поглощения высокочастотной мощности при электронно-циклотронном резонансе (ЭЦР). Использовались два гиротрона с суммарной мощностью, вводимой в плазму, около 200 кВт на длине волны 3,6 мм (частота 83,3 ГГц). Высокочастотная мощность составляла до 1/3 мощности омического нагрева (700—750 кВт). В результате дополнительного нагрева температура электронов плазмы возросла с 0,9 кэВ до 1,1 кэВ, т. е. на 0,2 кэВ. Анализ энергобаланса плазмы показал, что эффективность сверхвысокочастотного нагрева составляет не менее 70%. Было очевидно, что дальнейшее повышение параметров плазмы лежит на пути увеличения сверхвысокочастотной мощности, вводимой в плазму.

Как показали первые годы работы на установке Т-10, она полностью оправдала свое предназначение. Установка до сих пор входит в состав основной экспериментальной базы исследований по управляемому термоядерному синтезу нашей страны.

Установка Т-10 представляет собой мощное электротехническое сооружение. Электрическая мощность, потребляемая установкой в момент разрядного импульса (несколько секунд), достигала 200 МВт. Потребовалась прокладка специальной 6-километровой высоковольтной линии от ТЭЦ к месту размещения установки и строительство отдельной электрической подстанции. Основная потребляемая мощность шла на создание продольного магнитного поля с помощью катушек, изготовленных из медного проводника. Было очевидно, что такая технология создания основного магнитного поля годится только для экспериментальных установок. Будущий термоядерный реактор на основе установок токамак с его громадными размерами почти всю вырабатываемую термоядерную энергию использовал бы на свои собственные нужды и в первую очередь на создание продольного магнитного поля.

Единственный способ уменьшения потребления энергии на собственные нужды заключался в создании магнитных полей с использованием сверхпроводимости.

Первый в мире токамак со сверхпроводящими катушками для создания продольного магнитного поля, токамак Т-7, начал работать в ИАЭ в 1978 г. Начиная с момента создания токамака Т-7 помимо собственно ИАЭ, стала значительно возрастать роль в разработке сверхпроводников для термоядерных установок ВНИИНМ им. А.А.Бочвара и особенно той части его коллектива, которая возглавлялась А.Д. Никулиным. Сверхпроводник был изготовлен из ниобия и титана. Общая масса сверхпроводящей магнитной системы составляла 12 т при напряженности магнитного поля на оси вакуумной камеры 40 тыс. Э, при этом запас энергии в магнитном поле составлял 12 МДж. Если вспомнить, что 2,5 МДж эквивалентны по энергии 1 кг тринитротолуола, то при эксплуатации установки Т-7 встал вопрос о безопасной эвакуации запасенной энергии в случае внезапной аварийной потери сверхпроводимости. Опыт создания и эксплуатации Т-7 оказался бесценен и был полностью учтен при разработке в СССР установки Т-15, токамака следующего поколения, с полным запасом энергии в продольном магнитном поле около 600 МДж.

Оптимизм, родившийся в конце 60-х годов и крепнувший по мере развития исследований по

управляемому термоядерному синтезу, способствовал принятию следующих шагов и, как следствие, разработки единой комплексной программы работ по управляемому термоядерному синтезу. В 1971 г. комиссией под председательством Л.А. Арцимовича (заместители председателя Е.П. Велихов и А.И. Чурин)* был подготовлен «Прогноз исследований и разработок в области управляемого термоядерного синтеза в СССР на 1972—1990 г.» В «Прогнозе...» была введена новая классификация термоядерных реакторов — *стационарные* (токамаки, открытые ловушки), *импульсные* (с магнитным удержанием типа тэта-пинчей) и *инерционные* (например, с лазерным поджигом мишени).

Учитывая объективные данные результатов исследований по управляемому термоядерному синтезу, накопившиеся к этому времени, в «Прогнозе...» был предложен проект сетевого графика сооружения Экспериментального Термоядерного реактора (ЭТРТ) на основе токамака. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 8 июня 1971 г. Министерству среднего машиностроения предлагалось организовать разработку проекта термоядерной установки на основе токамака для осуществления демонстрационного эксперимента с достижением мощной термоядерной реакции в смеси дейтерия и трития и выходом нейтронов, достаточных для отработки отдельных технологических элементов будущего энергетического реактора. Предварительные оценки возможности создания такой установки показали необходимость освоения для ее размещения специальной площадки. Предполагаемые габаритные размеры установки, необходимость создания мощной энергетической системы ее питания и главное присутствие заметных количеств радиационно опасного трития делали невозможным ее создание на территории действующих термоядерных лабораторий СССР, расположенных, как правило, в крупных городах. Эта новая предполагаемая площадка получила название ГИСТР — Государственная испытательная станция термоядерных реакторов, а установка (типа токамак) Токамак-20 (Т-20). Предполагалось, что ГИСТР на второй стадии его освоения способен будет разместить термоядерные реакторы импульсного и инерционного типов.

Во исполнение упомянутого Постановления ЦК КПСС и СМ СССР, приказом Министра

среднего машиностроения от 27 июня 1971 г. обязанности научного руководителя проекта ГИСТР-1 (первая очередь) и Т-20 были возложены на ИАЭ, главного конструктора Т-20 и технологического оборудования ГИСТР-1 — на НИИЭФА, главного разработчика тритиевого цикла и консультанта по выбору конструкционных материалов для Т-20 — на ВНИИНМ, генерального проектировщика ГИСТР-1 — на ВНИПИЭТ. Разработку технико-экономического обоснования (ТЭО) ГИСТР-1 предполагалось завершить в 1976 г.

С началом разработки токамака Т-20 существенное значение приобрели работы по использованию трития как топлива в термоядерных реакторах. Роль пионера в этих работах следует отдать З.В.Ершовой и руководимому ей коллективу (ВНИИНМ). В условиях общего подъема интереса к термоядерной энергии проектные работы над Т-20 и ГИСТР начались очень активно. В 1976 г. ВНИПИЭТ в тесном контакте с вышеперечисленными основными участниками проекта подготовил технико-экономические исследования (ТЭИ) на ГИСТР-1, где был сделан анализ различных возможных площадок для размещения Т-20 (Сосновый Бор, Колтуши под Ленинградом, Шатура и др.) и произведена оценка стоимости их освоения и сооружения Т-20. Суммы оказались чрезвычайно высокими. Минимальная оценка только капитальных затрат была более 1 млрд. руб. Предварительные обсуждения реальности их выделения были мало обнадеживающими. Работа над проектом Т-20 и ГИСТР была приостановлена. Для уменьшения степени риска в создании установки Т-20 было решено дожидаться основных результатов исследований на созданной в 1975 г. установке Т-10 и после этого принять решение по ГИСТР. Жизнь повернулась так, что после Т-10 было решено соорудить две промежуточные по отношению к Т-20 установки — Токамак-15 и ТСП. К вопросу о возобновлении работ над проектом Т-20 и ГИСТР больше не возвращались. Тем не менее, оценивая проделанную за 1971—1976 гг. работу над проектом, следует признать ее очень полезной. Когда началась аналогичная деятельность по эскизному проектированию Международного реактора ИНТОР, а затем проекта реактора ИТЭР, нам пригодился

накопленный опыт, и мы включились в эти международные проекты подготовленными.

С самого начала исследований по управляемому термоядерному синтезу существовала тесная связь между теоретическими разработками проблемы и ее экспериментальной реализацией. В начальной стадии к ее теоретическому обоснованию по инициативе И.В. Курчатова и Д.В. Ефремова были привлечены такие крупные ученые, как Н.Н. Боголюбов, С.Л. Соболев, В.Л. Гинзбург, Б.И. Давыдов, А.Б. Мигдал и др. С февраля 1951 г. теоретическими исследованиями по управляемому термоядерному синтезу в ИАЭ руководил М.А. Леонтович, возглавивший специально созданный для этого в ИАЭ теоретический сектор.

Важную роль в изучении поведения плазмы сыграли классические уравнения переноса энергии и частиц в плазме, полученные С.И. Брагинским (ИАЭ, 1951—1952 гг.). Они были положены в основу теории удержания плазменного шнура с током в продольном магнитном поле, т.е. будущих токамаков (С.И. Брагинский и В.Д. Шафранов, ИАЭ, 1952 г.). Теоретические вопросы макроустойчивости плазмы исследовались в работах М.А. Леонтовича и В.Д. Шафранова (ИАЭ, 1952 г.). В результате был получен критерий Крускала-Шафранова (1953 г.).

Новый всплеск идей возник после прихода в сектор М.А. Леонтовича молодых теоретиков — Б.Б. Кадомцева, Р.З. Сагдеева, А.А. Веденова (1956 г.) и Е.П. Велихова (1958 г.), с именами которых связывается начало разработки широкого круга нелинейных явлений в плазме.

Принципиальное значение для оценки энергетического баланса будущего термоядерного реактора имел цикл работ Б.А. Трубникова (ИАЭ) по теории потерь энергии за счет циклотронного излучения плазмы в магнитном поле (1955—1958 гг.), в том числе с учетом ее тороидальности (1972 г.)

Сравнительный теоретический анализ различных тороидальных систем, проведенный С.И. Брагинским и В.Д. Шафрановым (1957—1958 гг.) сыграл очень важную роль в развитии направления токамаков.

Важную системную роль в исследовании кинетических неустойчивостей плазмы сыграли

* А.И. Чурилин — Первый заместитель Министра среднего машиностроения в период 1957—1970 гг.

Таблица 4. Хронология важнейших событий в 1970—1980 годах

Дата	Событие
13 июня 1969 г.	Постановление Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии работ по управляемым термоядерным реакциям и физике плазмы»
1970 г.	Образование Международного Совета по термоядерным исследованиям МАГАТЭ
1970 г.	Начало работ над проектом установки Т-10
1970 г.	Присуждение коллективу сотрудников ИАЭ во главе с М.С. Иоффе и Б.Б. Кадомцевым звания лауреатов Государственной премии за обоснование принципа «минимум β» при удержании плазмы в открытых ловушках
1970 г.	Присуждение коллективу во главе с академиком А.В. Гапоновым-Греховым звания лауреатов Государственной премии за разработку принципа генерации сверхвысокочастотных колебаний большой мощности (гиротронов)
1971 г.	Предложение Н.Г. Басова и О.Н. Крохина об использовании лазерного излучения для инициирования термоядерных реакций в мишенях
1971 г.	Начало работ над проектом Т-20 и ГИСТР-1
1972 г.	Разработка Г.И. Димовым (ИЯФ СО АН СССР) теории амбиполярных открытых ловушек
1972 г.	Составление «Прогноза исследований и разработок в области управляемого термоядерного синтеза в СССР на 1972—1990 годы»
1972 г.	Присуждение группе специалистов из ИАЭ и НИИЭФА во главе с Л.А. Арцимовичем звания лауреатов Государственной премии за цикл исследований на установках токамак
1 марта 1973 г.	Смерть академика Л.А. Арцимовича
1973 г.	Назначение академика Е.П. Велихова научным руководителем исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР, назначение академика Б.Б. Кадомцева научным руководителем направления токамаков
Июнь 1973 г.	Подписание главами государств СССР и США Соглашения о сотрудничестве в области атомной науки и техники, включая управляемый термоядерный синтез
1973 г.	Разработка «Программы работ по инициированию управляемой термоядерной реакции с помощью лазерного излучения на период 1973—1980 годов»
30 июня 1975 г.	Физический пуск установки Т-10
1975 г.	Выход в свет первого номера журнала «Физика плазмы»
1976 г.	Прекращение работ по проекту Т-20 и ГИСТР-1
1976—1978 г.	Ввод в строй новых токамаков: ТО-2, ТМ-4, ТМГ, Т-13 (ИАЭ); Туман-3, Туман 2-А, ФТ-2 (ЛФТИ); Р-05, РТ-4М (СФТИ); Т-3М (Шатура)
Май 1978 г.	Предложение СССР о разработке под эгидой МАГАТЭ проекта Международного термоядерного реактора ИНТОР
1978 г.	Запуск в ИАЭ первого в мире токамака со сверхпроводящей магнитной системой (Т-7)
11 октября 1978 г.	Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по усилению исследований по управляемому термоядерному синтезу в 1978—1983 годах». Принятие плана сооружения крупных термоядерных установок. Образование в Минсредмаше Управления термоядерных исследований

работы А.Б. Михайловского (ИАЭ, 1961—1972 гг.). Вопросы кинетики плазмы в тороидальных системах исследовались в работах Б.Б. Кадомцева и О.П. Погуце (ИАЭ, 1966—1972 гг.).

Теория радиационных процессов и связанных с ними потерь энергии из плазмы исследовалась в работах В.И. Когана, В.А. Абрамова и др. (ИАЭ).

По математическому моделированию процессов плазмы в токамаках серьезные работы

были выполнены в лаборатории Ю.Н. Днестровского (ИАЭ). В цикле работ Б.Б. Кадомцева, а также Б.Б. Кадомцева и О.П. Погуце были заложены основы теории одного из самых неприятных явлений в плазме токамака, так называемой неустойчивости срыва. Эта проблема до сих пор тревожит разработчиков термоядерного реактора.

Теоретическая термоядерная школа в СССР считалась одной из сильнейших. Авторитет наших теоретиков достаточно высок и сейчас.

Таблица 5. Финансирование в СССР программы по управляемому термоядерному синтезу с 1970 по 1979 гг.*, млн. руб.

Год	УТС с магнитным удержанием (токамаки, стеллаторы, открытые пучки-ловушки)	УТС с инерциальным удержанием (лазеры, пучки)	Капитальное строительство	Всего
1969	4,6	—	—	4,6**
1970	10,4	—	—	10,4
1971	13,3	1,3	—	14,6
1972	13,0	1,3	3,4	17,7
1973	21,5	1,9	4,8	28,2
1974	19,2	1,6	7,7	28,5
1975	21,7	1,9	6,4	30,0
1976	25,0	6,8	1,4	33,2
1977	22,8	6,4	—	29,2
1978	32,8	4,7	—	37,5
1979	47,3	8,9	14,9	71,1**
Итого за 10 лет	279,2	45,8	53,7	378,7

* Цифры дают представление о порядке расходов.

** Аналогичные расходы США в 1969 и 1979 гг. млн. долл:

Год	1969 гг.	1979 г.
УТС с магнитным удержанием	32,0	354,0
УТС с инерциальным удержанием	3,2	114,0
Всего	34,2	468,0

Но, к сожалению, исход наиболее талантливой ее части на Запад, резкое уменьшение притока молодых кадров привели к заметному сокращению числа теоретических публикаций.

Десятилетие (1970—1980 гг.) было наиболее плодотворным во всей истории исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР. Наши работы давали до 30% всей научной информации как по управляемому термоядерному синтезу, так и по физике высокотемпературной плазмы в целом. Наше лидерство, особенно в исследованиях на тороидальных системах токамак, признавалось во всем мире.

В эти годы официально оформилось международное сотрудничество с США — наиболее продвинутому к этому времени в исследованиях по термоядерному синтезу. До этого наши научные контакты с учеными США (и других стран) происходили только во время международных конференций, т.е. носили эпизодический характер. В 1973 г. высшие руководители наших стран подписали Соглашение о сотрудничестве в области атомной науки и

техники, в которое управляемый термоядерный синтез вошел существенной строкой. Тематика сотрудничества в большей части касалась установок токамак (также открытые ловушки и стеллараторы). Даже в годы резкого охлаждения отношений между нашими странами (например, во время афганского кризиса) сотрудничество никогда не прерывалось. Забегая несколько вперед, следует отметить, что опыт сотрудничества помимо несомненной научно-технической пользы для обеих сторон, значительно ускорил и облегчил нахождение необходимых решений при оформлении в 1988 г. многостороннего соглашения по совместной разработке проекта Международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР). В это же десятилетие развернулось широкое взаимодействие по тематике управляемого синтеза в рамках Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) с Чехословакией, Венгрией, Польшей, ГДР и другими странами социалистического лагеря. С советской стороны этой деятельностью успешно руково-

дил председатель Комитета по атомной энергии А.М.Петросьянц. С исчезновением СССР оно прекратилось, как и по многим другим направлениям.

Были в течение этого десятилетия и печальные события: 1 марта 1973 г. умер академик Л.А.Арцимович. Ушел из жизни признанный международный лидер в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу, научный руководитель термоядерной проблемы в СССР, непосредственный руководитель направления токамаков в ИАЭ. Приказом Министра среднего машиностроения от 15 августа 1973 г. научным руководителем работ по управляемому термоядерному синтезу был назначен академик Е.П.Велихов, академик Б.Б.Кадомцев возглавил Отдел плазменных исследований в ИАЭ и стал научным руководителем направления токамаков.

Можно считать, что итог деятельности в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу за 70-е годы подвело Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 11 октября 1978 г. В Постановлении отмечалось, что в СССР успешно выполняется программа работ по установкам токамак. Впервые в официальном правительственном документе было записано, что ЦК КПСС и Совет Министров СССР «...считают задачей государственной важности быстрее достижение мощной управляемой реакции». Постановлением было одобрено строительство ряда крупных термоядерных установок, в том числе строительство установок Токамак-15 (Т-15), Токамак-ТСП (ТСП) и токамак ТБ-0. Госплану СССР предлагалось в годовых планах на 1979—1983 гг. для строительства установок предусмотреть целевые капитальные вложения в объеме 160 млн. руб.

В организационном плане Постановление предусмотрело преобразование Управления фундаментальных проблем ядерной физики и термоядерного синтеза Минсредмаша в Главное Управление (с тем же названием) с образованием в нем Управления термоядерных исследований. Начальником этого Управления был утвержден Н.С.Чевереv, его заместителем — Л. Г. Голубчиков.

Некоторые обобщенные данные за 1970—1980 гг. приводятся в табл. 4, 5.

7. ТОКАМАКИ С 1980 ГОДА ПО НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

К концу 70-х годов были поняты многие особенности поведения плазмы в установках токамак. Началась эпоха уточнения отдельных закономерностей и изучения все более тонких деталей поведения плазмы. Это время характеризуется все возрастающим количеством мелких и средних установок и вовлечением в процесс исследований новых коллективов ученых и инженеров. Помимо ИАЭ широкое развитие получили исследования в ЛФТИ им. А.Ф.Иоффе под руководством В.Е.Голанта по направлению так называемого адиабатического нагрева плазмы в установке типа токамак. Этот специфический способ наряду с использованием высокочастотных полей надолго стал основным лицом института в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу. Исследования проводились на установках ФТ-1, ФТ-2, «Туман-3», «Туман-2А», «Туман-3М». Последняя из названных установок вступила в строй в 1993 г. и явилась модернизацией установки «Туман-3». В СФТИ под руководством Р.А.Демирханова создается ряд средних по размеру установок с использованием высокочастотных полей для стабилизации плазмы (установки Р-О, ТМР). Создаются также установки в г. Шатура под Москвой (установка Т-3М), в Институте высоких температур АН СССР (ТВ-1, ТМИ, ТФ-1).

В отдельные годы описываемого периода в СССР одновременно действовало до 20 установок типа токамак, но по-прежнему большая доля научной информации исходила из ИАЭ.

Флагманом всех действующих в СССР установок токамак продолжала оставаться Т-10. Габаритные размеры, технические особенности и энергетические параметры этого крупнейшего (до ввода установок Т-15 и ТСП) токамака позволяли осуществлять на нем все более мощные эксперименты с внедрением всех достижений, полученных на других установках этого типа. В 1981 г. на Т-10 были продолжены эксперименты по дополнительному нагреву плазмы на частоте электронно-циклотронного резонанса с использованием четырех гиротронов с суммарной СВЧ мощностью примерно 800 кВт на частоте 83 ГГц (длина волны 3,6 мм). Был получен прирост электронной температуры плазмы около 1 кэВ, так что суммарная температура этой части компоненты

плазмы составила 2,2—2,7 кэВ (омический нагрев + СВЧ нагрев) при очень высокой эффективности поглощения СВЧ мощности около 90%. Проведенные эксперименты оказались очень хорошей проверкой работоспособности гиротронов, волноводных трактов для транспортировки СВЧ мощности к плазме и других систем. Этот опыт был использован в дальнейшем при создании более мощной системы дополнительного нагрева на установке Т-15.

В серии экспериментов 1984 г. суммарная мощность, вводимая в плазму от гиротронов, превышала мощность омического нагрева. Температура электронной компоненты плазмы достигла 4 кэВ (около 40 млн. °С). Меняя значение продольного магнитного поля в экспериментах, можно было смещать резонансную зону максимального поглощения энергии падающей СВЧ волны по сечению плазменного шнура. Оказалось, что выбором пространственного положения зоны электронно-циклотронного резонанса можно влиять на развитие магнитогидродинамических возмущений в плазме и в том числе подавлять их. Эти результаты открывали перспективу управления поведением плазмы и, в частности, давали надежду отыскать пути борьбы с одной из самых грозных неустойчивостей — неустойчивостью срыва, при развитии которой вся энергия, накопленная в плазме, могла в сравнительно короткое время обрушиться на стенку вакуумной камеры.

В 1986—1987 гг. мощность гиротронного комплекса установки Т-10 достигла 4 МВт (11 гиротронов) и почти в 10 раз превышала мощность омического нагрева. В экспериментах температура электронной компоненты плазмы практически достигала значения, необходимого для осуществления мощной термоядерной реакции (около 9 кэВ, 90 млн. °С).

Во время следующей кампании 1992—1993 гг. на установке Т-10 были проведены эксперименты по генерации безындукционного тока в тороидальном плазменном шнуре на основе взаимодействия СВЧ полей с плазмой.

Во всех описываемых токамаках использовался (и за рубежом) индукционный способ создания продольного тока в плазме, в силу этого типичная длительность импульса (разряда) в крупных токамаках не превышала 1 с. После некоторой остановки, определяемой временем подготовки энергетики к следующе-

му импульсу, следовал повторный цикл. Умощнение энергетики и разные технические усовершенствования позволяют добиться увеличения длительности индукционного поддержания продольного тока в плазме, но в принципе не позволяют сделать его стационарным.

Идея генерации продольного тока в плазме с помощью СВЧ полей заключалась в том, чтобы создать в тороидальной плазме бегущую электромагнитную волну, которая передала бы свой импульс электронам и вовлекла бы их в упорядоченное движение в продольном направлении. Не существует принципиальных ограничений по созданию стационарно работающих генераторов электромагнитного высокочастотного излучения и, если идея увлечения электронов волной работает, возможно возбуждение стационарного продольного тока в плазме и, следовательно, стационарно работающего токамака.

В экспериментах использовались гиротроны с суммарной мощностью 1,6 МВт при частоте СВЧ колебаний 140 ГГц (длина волны около 2 мм) при длительности их работы 0,4 с. По расчетам оптимальный эффект по генерации тока (по устоявшейся терминологии «ток увлечения») ожидался при угле падения СВЧ волны по отношению к большому радиусу тора примерно 21°. В экспериментах ток «увлечения» составил около 35 кА при 75—180 кА тока, полученного индукционным способом. «Цена» каждого ампера тока «увлечения» в этих первых экспериментах оказалась достаточно велика (на 1 А тока «увлечения» необходимо было затратить 20 Вт высокочастотной мощности), однако сам факт его обнаружения давал возможность вести работу по увеличению эффективности.

Еще в 1981 г. на установке Т-10 совместно со специалистами Харьковского физико-технического института (ХФТИ) был проведен эксперимент по дополнительному нагреву плазмы на частотах ионно-циклотронного резонанса. При высокочастотной мощности 100 кВт, излучаемой в плазму антенной типа «Елочка», разработанной в ХФТИ, приращение ионной температуры плазмы было довольно высоким — 500 эВ.

В 1985 г. сотрудниками ИАЭ на установке были проведены аналогичные эксперименты, но с петлевой антенной и мощностью до 500 кВт, вводимой в плазму. В режиме добав-

ки водорода в дейтериевую плазму прирост температуры ионов дейтерия достиг 350 эВ и электронов около 350—400 эВ. Оба эксперимента в совокупности показали довольно высокую эффективность нагрева плазмы на частотах ионно-циклотронного резонанса и перспективность его дальнейшей разработки.

Параллельно с описанными экспериментами на установке Т-10 проводился широкий круг других исследований. Значительное время в исследованиях занимал вопрос поступления примесей в центр плазменного шнура со стенок вакуумной камеры. Эти последние работы проводились, в том числе в тесной кооперации с учеными из ГДР, разработавшими соответствующую регистрационную аппаратуру. Изучались также вопросы инъекции в плазму замороженных крупинок водорода, как модели будущей системы подпитки плазмы «топливом» взамен прореагировавшей в реакции синтеза.

Высокие параметры плазмы в установке Т-10 требовали разработки и внедрения широкой гаммы новой диагностической аппаратуры. К ней относятся пятиканальные анализаторы энергии и масс потока нейтральных атомов из плазмы, спектрометры рентгеновского излучения, измерение томсоновского рассеяния, прошедшего через плазму внешнего лазерного излучения для пространственного измерения электронной концентрации и температуры, аппаратуры многохордового измерения мягкого рентгеновского излучения, аппаратуры измерения потенциала плазмы с помощью инжектора щелочных металлов и многое другое.

Установка Токамак-10 до настоящего времени является действующим существенным элементом экспериментальной базы в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу. К сожалению, не все ее возможности до конца используются из-за нехватки финансового обеспечения. Последняя экспериментальная кампания на ней началась весной 1997 г. Основная цель экспериментов — продолжение совершенствования гиротронного способа дополнительного нагрева плазмы, токов увлечения и влияния сверхвысокочастотных полей на магнитодинамические возмущения плазмы.

Конструкция установки Т-10 не допускала проведения на ней экспериментов по дополнительному нагреву плазмы с помощью инъекции в нее потока нейтральных частиц. Эту нагрузку взяла на себя установка Т-11, создан-

ная, как уже упоминалось, в 1975 г. Постепенно мощность инжекторов нейтральных частиц, использовавшихся на установке, была повышена с 200 кВт (1975 г.) до 1,1 МВт (1983 г.). Во всех экспериментах по дополнительному нагреву плазмы на этой установке при разном уровне мощности инжекторов нейтральных частиц неизменно демонстрировалась высокая эффективность этого вида нагрева. В 1985 г. установка Т-11 была демонтирована и передана в филиал ИАЭ в г.Троицке (сегодня институт ТРИНИТИ), где была модернизирована и возродилась в виде Т-11М.

Выше отмечалось, что первая в СССР (и в мире) установка токамак с использованием сверхпроводимости для создания продольного магнитного поля была создана в ИАЭ в 1978 г. под названием Т-7. В начале 1980 г. на ней проводится серия экспериментов с плазмой, уже представлявшей значительный интерес. Ток разряда в плазме достигал 240 кА, ионная температура при этом составляла 300—350 эВ. Существенно, что магнитная система установки находилась в сверхпроводящем состоянии более 2 мес, режим сверхпроводимости не нарушался при воздействии на нее переменных полей при возбуждении тока в плазме и при регулировании положения равновесия плазменного витка токами в обмотках управления. К концу этой серии экспериментов температура плазмы составила 1300 эВ для электронов и 500 эВ для ионов, т. е. это был хороший объект для целевых научных экспериментов. Вся последующая научная программа на установке была ориентирована в основном на изучение неиндукционного способа генерации продольного тока в плазме на частотах так называемого нижнегибридного резонанса.

При технических параметрах установки (значении напряженности продольного магнитного поля) и параметрах плазмы условию нижнегибридного резонанса соответствовали высокочастотные генераторы в диапазоне частот около 1000 МГц. По расчетам электромагнитная волна этого диапазона длин волн должна обеспечить захват электронов плазмы в режим «увлечения», как это имело место для диапазона частот электронно-циклотронного резонанса, упомянутого выше, но со своими характерными особенностями. В экспериментах 1982 г. использовались генераторы магнетронного типа на частоте 900 МГц (длина вол-

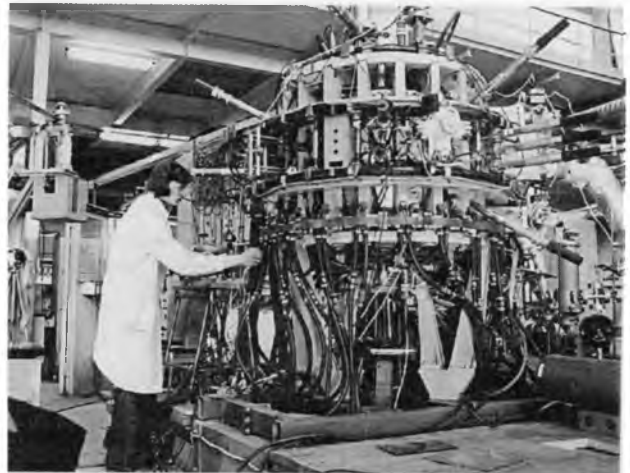
ны 33 см) с мощностью 200 кВт. Максимальный генерируемый ток увлечения достигал 200 кА и был сравним с током, полученным классическим для токамаков индукционным способом. Эффективность генерации тока увлечения достигала 1 А на 1 Вт высокочастотной мощности, что являлось достаточно высокими показателями.

В последующем, на установке Т-7 мощность магнетрона в экспериментах была увеличена до 600 кВт и эксперименты в сочетании с дополнительным нагревом на частотах электронно-циклотронного резонанса были продолжены. Установка Т-7 полностью оправдала возлагавшиеся на нее надежды, способствуя созданию и эксплуатации установок токамак с использованием сверхпроводимости для создания магнитных полей, а также внесла большой самостоятельный научный вклад в изучение плазмы с околореакторными параметрами. Эксперименты на установке прекратились в 1990 г., и впоследствии она была продана в Китай.

Заметное развитие получили в ИАЭ работы по исследованиям токамаков с устройством для очистки плазмы от примесей, получившим название дивертор. Как уже упоминалось, первый такой токамак Т-12 был создан в конце 70-х годов. Затем различные модификации дивертора испытывались в ИАЭ на установке ТО-2 и, начиная с 1987 г., на установке ТЗ-М в г. Шатура. Основным результатом исследований было подтверждение эффекта уменьшения примесей в плазме при использовании дивертора.

Как уже отмечалось, основным направлением исследований на установках токамак в ЛФТИ им. А.Ф. Иоффе было изучение механизмов дополнительного нагрева плазмы с использованием различных диапазонов высокочастотных волн, а также нарастающего во времени магнитного поля (адиабатический нагрев). На установке ФТ-1 в течение 1980—1990 гг. исследовались детальные вопросы поглощения сверхвысокочастотной мощности на частоте электронно-циклотронного резонанса (частота гиротронов около 30 ГГц) при максимальной вводимой мощности до 250 кВт.

Заметную роль сыграли работы этого института по нижнегибридному нагреву плазмы на частоте около 900 МГц на установке ФТ-2, проведенные за период 1985—1994 гг. и продемонстрировавшие высокую эффективность нагрева



Токамак Т-12

электронов и ионов водородной плазмы (увеличение электронной температуры плазмы в 2 раза и ионной — в 4 раза по сравнению с достигнутой при омическом нагреве). Особую роль сыграли исследования адиабатического нагрева плазмы на установках сначала Туман-3, а затем Туман-3М. Работы эти начались еще в 1980 г. К 1988 г. на этих установках использовались одновременно три вида нагрева плазмы: классический для токамаков нагрев плазмы продольным индукционным током, дополнительный нагрев на частоте ионно-циклотронного резонанса и адиабатический нагрев в нарастающем магнитном поле.

Обобщенный итог проведения экспериментов заключался в осуществлении адиабатического нагрева предварительно нагретой на частоте ионно-циклотронного резонанса дейтериевой плазмы нарастающим магнитным полем. Что очень существенно — возрастание температуры ионов плазмы примерно соответствовало ожидаемому адиабатическому закону. Эти эксперименты имели большое значение при подготовке решения о строительстве в филиале ИАЭ в г. Троицке крупной установки ТСП с адиабатическим методом нагрева плазмы до термоядерных температур.

Мировые достижения по управляемому термоядерному синтезу и в первую очередь на установках типа токамак подтолкнули богатые страны третьего мира к проявлению интереса к этим исследованиям. Когда СССР заключил с Ливией контракт на строительство в Тажуре атомного исследовательского центра, установ-

ка токамак вошла в состав этого центра одним из его объектов. Она была полностью разработана и изготовлена НИИЭФА им. Д.В. Ефремова в кооперации с некоторыми другими организациями СССР, по своим техническим параметрам соответствовала действовавшей в ИАЭ установке ТМ-4 (большой диаметр тора около 106 см, малый диаметр примерно 22 см). Это был первый случай поставки из СССР в развивающиеся страны установки типа токамак. Работа по созданию установки была оценена в сумму около 6 млн. долл. США и завершилась она вводом ее в строй в 1980 г. Исследования на ней проводились под руководством и с участием советских специалистов до 1985 г.

8. СООРУЖЕНИЕ ПОСЛЕДНИХ ТОКАМАКОВ

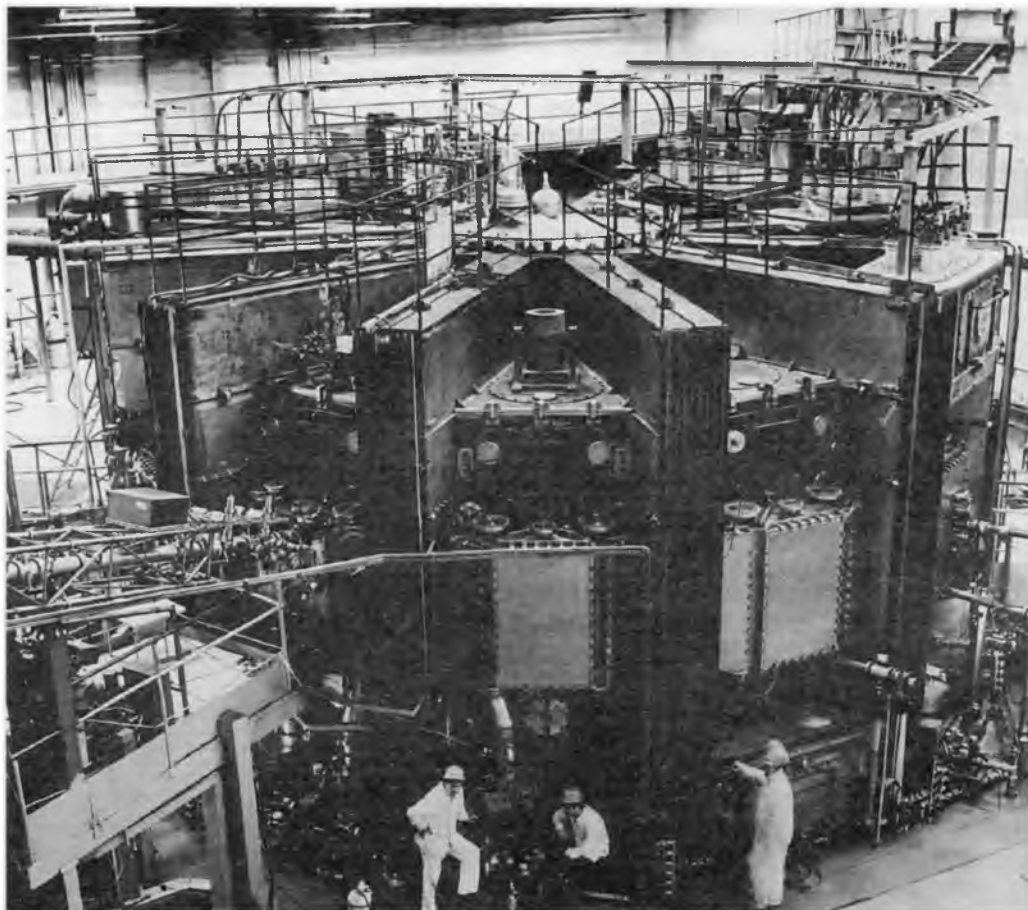
Как уже отмечалось, Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 11 октября 1978 г. было одобрено строительство в 80-х годах восьми крупных термоядерных установок, в том числе трех установок типа токамак — Токамак-15 (Т-15) в ИАЭ, Токамак-14 (впоследствии ТСП — токамак с сильным полем) в филиале ИАЭ в г.Троицке и Токамак ТБ-0 в Харьковском физико-техническом институте. По Постановлению все это планировалось осуществить в течение 1979—1983 гг. Помимо собственно термоядерных установок Постановлением было принято решение о строительстве помещений для производства и испытаний опытных узлов термоядерных установок, в том числе в организациях Минсредмаша более 20 тыс. м² (НИИЭФА, Ульбинский металлургический завод), в организациях Минэлектротехпрома 60 тыс. м² (завод ЛЭЗ объединения «Электросила», НПО «Конденсатор», Всесоюзный институт электромашиностроения и др.) Постановлением также предусматривалось строительство около 40 тыс. м² жилья для организаций Минэлектротехпрома. Всего Постановлением были задействованы 11 основных крупнейших министерств Союза и более 30 заводов и организаций. Таким образом закладывалась мощная база для дальнейшего развития исследований в СССР по управляемому термоядерному синтезу. Забегая вперед следует отметить, что такого масштаба решений руководящих органов страны впоследствии не принималось. Общая идеология планируемых к созданию термоядерных установок типа токамак сво-

дилась к получению на них параметров плазмы, необходимых для термоядерного реактора, изучение ее поведения и условий протекания термоядерных реакций.

Каждая из трех установок имела свои характерные особенности и задачи.

Установка ТБ-0 — токамак с дивертором, главная задача которого заключалась в моделировании взаимодействия плазмы со стенками в условиях работы термоядерного реактора. Научным руководителем проекта был назначен Харьковский физико-технический институт (ХФТИ) и ИАЭ им. И.В. Курчатова. Соорудить установку предполагалось в ХФТИ, стоимость ее создания оценивалась в 7 млн. руб. капитальных средств, начало строительства — 1980 г. Все эти планы остались на бумаге. Из всех определенных Постановлением к строительству восьми крупных термоядерных установок установка ТБ-0 даже не дошла до фазы разработки проекта. Можно объяснить это тем, что мы переоценили свои возможности, в том числе и финансовые. Но думается, что основная причина заключалась не в этом. Для ХФТИ установка токамак ТБ-0 было новым направлением деятельности, фактически вытеснившим их основную тематическую направленность — стеллараторы. В недрах основного научного коллектива ХФТИ создание установки типа токамак не нашло идеологической поддержки. Даже в те времена только директивными указаниями без организованного коллектива ученых-энтузиастов невозможно было добиться успеха. Вероятно при подготовке Постановления ориентация на ХФТИ в этой части была ошибочной.

Установка Токамак ТСП — токамак с адиабатическим способом нагрева плазмы в сверхсильных магнитных полях до 13000 Э. Главная задача установки состояла в зажигании самоподдерживающейся термоядерной реакции в дейтерии и тритии и получении мощного потока термоядерных нейтронов. В значительной степени научным фундаментом создания установки ТСП с адиабатическим способом нагрева плазмы послужили теоретические работы ИАЭ и особенно экспериментальные работы ЛФТИ им.А.Ф.Иоффе по адиабатическому нагреву на установках ФТ-1, ФТ-2 и Туман. Цель — первыми в мире осуществить термоядерную реакцию в смеси дейтерия и трития и изучить поведение и влияние α -частиц, рожда-



Монтаж установки токамак Т-15

ющихся при реакции синтеза, на поведение термоядерной плазмы.

Обеспечение работы установки требовало разработки уникальной системы ее энергообеспечения для создания больших и растущих во времени импульсных магнитных полей. Для ускорения сооружения и экономии средств вначале предполагалось, что будет использован специальный энергетический комплекс, уже созданный другим министерством для иных целей в одном из районов Подмосковья, там же предполагалось и разместить собственно ТСП. За вычетом стоимости этого энергетического комплекса, стоимость сооружения установки Постановлением была определена в 11,5 млн. руб. капитальных средств. По разным причинам размещение установки в месте уже созданного энергетического комплекса не удалось, поэтому разработка проекта велась с

привязкой его к филиалу ИАЭ в г. Троицке (сегодня институт ТРИНИТИ Минатома), включая создание необходимого энергообеспечения. В результате реальная стоимость создания установки превысила 200 млн. руб. Научным руководителем проекта ТСП был назначен ИАЭ, главным конструктором установки — НИИЭФА. Ввод установки был определен в 1982 г. Ожидались следующие конечные параметры плазмы: концентрация $n \approx 10^{21}$ частиц в 1 м^3 , температура 8–20 кэВ и время удержания плазмы после сжатия 0,2 с ($nT \cdot \tau_E \approx 2 \times 10^{21}$ частиц). Конструкция установки и экспериментальный зал предусматривали возможность работы с тритием при выходе нейтронов до 10^{18} за импульс. Система питания установки была спроектирована в виде двухступенчатого накопителя энергии и обострителя мощности. В качестве первой ступени

служили четыре ударных генератора типа ТКД-200, обеспечивающих накопление от сети 4 ГДж энергии в маховых массах. В качестве второй ступени использовался индуктивный накопитель ТИИТ-900 с энергоемкостью 200 МДж. От ТИИТ-900 энергия должна передаваться на витки продольного магнитного поля установки ТСП. Для размещения собственно установки ТСП и энергосистемы были спроектированы пять зданий, в том числе четыре здания для размещения генераторов ТКД-200 в каждом по одному. Кроме того, необходимо было соорудить сложную систему водоохлаждения, специальное трансформаторно-масляное хозяйство и линию электропередачи. Комплекс ТСП представлял собой сложное электротехническое сооружение.

Первый физический пуск установки состоялся в декабре 1987 г. Затем начался длительный период ликвидации конструктивных и технологических недостатков установки, который продолжается до настоящего времени. Были выявлены серьезные недоработки в системе запитывающих высокотоковых подводов к обмотке тороидального поля, технологические дефекты изготовления вакуумной камеры и т. п.

Доводка крупных термоядерных установок до их проектных технических параметров по сложившейся практике довольно типичная для нас ситуация. Все это требует и времени и средств. Установка ТСП не была исключением из этого правила.

Катастрофическое падение бюджетного финансирования на науку вообще и управляемый термоядерный синтез в частности сегодня практически не оставляет никаких надежд на возобновление работы уникальной термоядерной установки ТСП по решению тех задач, для которых она предназначалась. Комплекс установки ТСП включает в себя мощную и фактически единственную такого рода в России уникальную энергетическую базу и сегодня стоит задача отыскания путей ее использования как в направлениях работ по управляемому термоядерному синтезу, так и для других применений. Идеи ее использования в настоящее время разрабатываются.

Установка Токамак-15 (Т-15) — для достижения термоядерных параметров плазмы с использованием дополнительного нагрева от высокочастотных генераторов и инъекции быстрых нейтральных частиц и осуществления ин-

тенсивной термоядерной реакции в дейтерии (использование трития не планировалось). По Постановлению ввод установки в строй предполагалось осуществить в 1983 г., капитальные затраты на сооружение были оценены в 60 млн. руб. Постановлением определялись главные участники разработки и создания установки:

ИАЭ — научный руководитель работ (и место сооружения);

ГИПРОНИИ АН СССР — генеральный проектировщик;

НИИЭФА — главный конструктор;

Главмострой — генеральный подрядчик.

Из всех трех установок типа токамак, определенных Постановлением к строительству, установка Т-15 была предварительно наиболее проработана с точки зрения физической обоснованности принимаемых решений.

ИАЭ совместно с главным конструктором, исходя из основной целевой задачи, определили ожидаемые плазменные параметры установки:

	1 этап	2 этап
Плотность плазмы, м^{-3}	$5 \cdot 10^{19}$	10^{20}
Температура, кэВ	5	8
Энергетическое время жизни, с	0,4	0,9
Продольный ток в плазме, МА	1,4	2–2,3

Таким образом, обобщенный параметр $n_e T_e$ должен лежать в пределах $10^{20} - 7 \cdot 10^{20}$, что близко к требуемому для реактора.

Проектные технические параметры установки при этом выглядели следующим образом:

Большой диаметр плазменного шнура, м	4,86
Малый диаметр плазменного шнура, м	1,4
Напряженность тороидального магнитного поля на оси, тыс. Э	3,5 (1 этап). 4,5–5 (2 этап)
Длительность импульса тока плазмы, с	5–10

Мощность дополнительного нагрева, МВт:

	1 этап	2 этап
СВЧ нагрев	5	10
Нейтральная инъекция	6	9
Объем плазмы, м^{-3}	24	24

С точки зрения энергообеспечения установки ограничивающим моментом ее создания была необходимость «вписаться» в существующую энергетическую базу действующей уста-

новки Т-10. Уменьшение потребления электроэнергии установкой Т-15 решено было достичь использованием сверхпроводников для создания обмотки основного потребителя энергии — катушек продольного магнитного поля. В таком случае энергосистемы установки Т-10 хватало для обеспечения энергией остальных систем установки Т-15 (дополнительного нагрева плазмы, прогрева вакуумной камеры и т. п.). Кроме того, использование сверхпроводников для создания крупных обмоток продольного магнитного поля — это магистральный путь к будущему энергетическому реактору с магнитным удержанием плазмы и продвижение на этом пути было просто необходимо.

Еще к 1977 г. были разработаны два варианта создания электромагнитной системы установки Т-15: на основе сверхпроводящего сплава NbTi (по аналогии с Т-7) и на основе соединения Nb₃Sn. Ко времени принятия окончательного решения аналогов использования сверхпроводника на основе соединения Nb₃Sn в мире еще не было. Однако к этому времени совместная разработка ИАЭ им. И.В. Курчатова и ВНИИНМ им. А.А.Бочвара по этому виду сверхпроводника позволяла надеяться на более гарантированное достижение в установке Т-15 заложенных в проект параметров. Такое рискованное для того времени решение об использовании в электромагнитной системе установки Т-15 нового сверхпроводника из Nb₃Sn было принято ИАЭ им. И.В. Курчатова, НИИЭФА им. Д.В. Ефремова и ВНИИНМ им. А.А. Бочвара в 1978 г.

Разработке сверхпроводника для установки Т-15, отработке технологии для его производства, производству, испытанию изготовленной обмотки, ее монтажу и комплексной наладке посвящена вышедшая в 1997 г. монография под редакцией Н.А. Черноплекова «Сверхпроводящие магнитные системы для токамаков».

Уникальная крупногабаритная сверхпроводящая система тороидального магнитного поля потребовала разработки комплекса криогенного обеспечения установки, включающего в себя два гелиевых ожижителя с общей хладопроизводительностью 4 кВт, винтовых компрессоров и систему азотного снабжения.

Система вакуумной откачки установки разрабатывалась на основе турбомолекулярных насосов ТМН-450 и ТМН-1500, которые дол-

жны обеспечить откачку более чем 60 вакуумных объектов комплекса Т-15.

Разработка системы дополнительного нагрева плазмы включала в себя комплексы системы сверхвысокочастотного нагрева на базе 24 гиротронов и системы нейтральной инжекции на базе шести ионных источников.

Для высоковольтного питания систем дополнительного нагрева плазмы пришлось разработать специальную систему питания, получившую название «Виктория».

Существенное внимание в проекте было уделено разработке системы автоматизации управления установкой и обработке физических данных. Одновременно с началом разработки проекта начались работы по созданию диагностической аппаратуры с привязкой к условиям работы установки.

Строительство установки усложнялось тем, что ее размещение необходимо было осуществить в помещении Отдела плазменных исследований ИАЭ, ранее использовавшегося для других целей.

Всего на создание установки было затрачено около 160 млн. руб. капитальных средств. В изготовлении оборудования установки принимали участие такие промышленные гиганты как завод «Атоммаш», Ижорский завод, НПО «Криогенмаш», Ульяновский металлургический завод, Ереванское отделение ВНИИ КП, ЛЭЗ ЛЭО «Электросила», НПО «Буревестник», НПО «Коминтерн» и др. Для испытания изготовленного оборудования были сооружены многочисленные испытательные стенды. Среди них особое место занимал уникальный стенд СИМС, построенный в ИАЭ коллективом, руководимым Н.А. Черноплековым, для полномасштабных испытаний сверхпроводящих блоков катушек продольного магнитного поля установки. Этот стенд до сих пор остается самым крупным в России.

Как уже отмечалось, капитальные затраты на сооружение установки превысили запланированные почти в 3 раза. Строительство установки затянулось на пять лет по сравнению с директивным сроком.

Финансовые затруднения сыграли при этом свою роль, однако главной причиной затягивания сроков сооружения были технологические задержки с изготовлением оборудования установки.

Физический пуск установки состоялся в ок-

тябре — декабре 1988 г., главной задачей которого было приведение обмоток тороидального магнитного поля в рабочее сверхпроводящее состояние, достижение в вакуумной камере установки необходимого начального вакуума, последующий напуск в нее рабочего газа и опробование всех систем с зажиганием разряда и пропусканием продольного тока по плазме. При напряженности магнитного поля 2,7 тыс. Э была получена плазма с концентрацией $3-10^{18} \text{ м}^{-3}$ и током 100 кА при длительности разряда 0,1 с. Комплексные испытания всех систем установки выявили необходимость доработки многих ее органов. Особо это коснулось системы гелиевого и азотного обеспечения из-за низкого качества ее изготовления промышленностью.

Период доведения установки до проектных технических параметров совпал с началом перестройки, главным результатом которой для науки было резкое падение финансирования. Это не могло не дать своего отрицательного эффекта и для установки Т-15. По существу, следующая экспериментальная кампания, приведшая к заметному продвижению к проектным параметрам, состоялась только в 1993 г. Обмотка тороидального поля с сохранением сверхпроводимости в течение 2 мес уже надежно работала при напряженности магнитного поля до 30000 Э, продольные токи в плазме достигали 800 кА. Плотность плазмы составляла примерно 10^{19} м^{-3} , а температура электронов достигала 1,8 кэВ. Все это дало основание начать подготовку следующих экспериментов с использованием методов дополнительного нагрева плазмы гиротронами и пучками нейтральных частиц.

Последняя двухмесячная экспериментальная кампания на Т-15 состоялась летом 1995 г. Помимо устойчивой непрерывной работы сверхпроводящей системы продольного магнитного поля на установке исследовался режим омического нагрева плазмы при токах 500 кА и магнитном поле напряженностью 30000 Э. Была также опробована инжекция в токамак нейтральных атомов и ввод сверхвысокочастотной мощности от трех гиротронов.

Полномасштабные эксперименты в условиях мощного омического нагрева с полномасштабным дополнительным нагревом от нейтральной инжекции и гиротронов будут проведены, как только позволят финансовые воз-

можности. К сожалению, такой полномасштабный эксперимент в нынешних условиях довольно дорог. Серьезных технических препятствий к его проведению нет.

На этом довольно неоптимистическом российском фоне успешно проявили себя установки такого же класса за рубежом: сначала в 1992 г. в Европе на токамаке ДЖЕТ, а затем в 1995 г. в США на установке ТФТР при малой добавке в плазму трития были проведены успешные эксперименты и продемонстрирована термоядерная реакция с энерговыделением соответственно 2 и 10 МВт. Уместно отметить, что ядерная мощность первой атомной станции в г.Обнинске в 1954 г. составила 4 МВт.

В октябре 1996 г. из Японии пришло сообщение о том, что на установке того же типа ДЖИТИ-60 в пересчете экспериментальных данных с водорода на рабочую смесь дейтерия и трития (ДЖИТИ-60 не рассчитана на работу с тритием, поэтому пересчет) выход термоядерной энергии превысил затраченную на ее иницирование: $Q \approx 1,05$. Обобщенный термоядерный критерий при этом достиг $n\tau_E T_i \sim 1,5-10^{21} \text{ м}^{-3} \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$, т. е. вплотную подошел к требуемому для термоядерного реактора. В России случилось так, что предполагаемый период исследований на созданных во исполнение решения директивных органов термоядерных установках совпал с кризисными обвалами в финансировании науки, пока мы не можем прийти в желаемое рабочее состояние. Для иллюстрации можно привести сравнительные данные по финансированию исследований по управляемому термоядерному синтезу в Минатоме Российской Федерации в 1990 г. (до обвала) и в 1996 г. в долларовом эквиваленте на соответствующий год: 1990 г. — 176 млн. долл.; 1996 г. — 5 млн. долл. Вряд ли нужны какие-либо комментарии.

На создание установки Т-15 были затрачены громадные средства. По своим техническим параметрам эта установка класса упомянутых выше крупнейших зарубежных установок и обладает высокими потенциальными возможностями для проведения первоклассных экспериментов. Если не считать весьма успешной эксплуатацию сверхпроводящей системы, возможности установки пока остались нереализованными. Она ждет своего часа.

9. ПРОЕКТ ИТЭР

Мировое термоядерное сообщество, воодушевленное успехами исследований на установках токамак, еще в 1978—1979 гг. стало задумываться о масштабах следующего вслед за строящимися установками Т-15, ДЖЕТ, ТФТР и ДЖИТИ-60 шага в разработке термоядерного реактора. Как и в 1956 г., после доклада И.В. Курчатова в Харуэле (Англия), инициатором международного сотрудничества по определению этого шага стал СССР. Инициатива СССР была поддержана правительствами США, Японии и стран, входящих в Евратом, и в 1978 г. под эгидой МАГАТЭ началась работа по оценке возможности разработки опытно-демонстрационного международного токамак-реактора, получившего название ИНТОР (Интернациональный токамак-реактор). Для руководства разработкой была создана международная рабочая группа в составе 16 чел — по 4 представителя от каждой из участвующих в разработке стран СССР, США, Японии и Европейского Сообщества с штаб-квартирой в Вене. Помимо этого, в каждой из указанных стран были созданы национальные группы экспертов, готовившие материалы для последующего обсуждения в Вене. Были согласованы цели ИНТОРА, которые сводились к следующему: термоядерная реакция в смеси дейтерия и трития; достижение $Q > 5$ (самоподдерживающаяся реакция); отработка технологии реакторного типа; демонстрация производства электричества. Обобщенными критерий $n_T T_i$ должен достигнуть требуемого для реактора значения $2,1 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$.

Предполагалось, что на первом этапе режим работы ИНТОРА будет импульсный (30–60 с работы и пауза в 15–30 с), а на втором — квазистационарный (длительность импульса 200–500 с). Было решено, что для создания электромагнитной системы ИНТОРА будет использован сверхпроводник. Предварительные оценки стоимости комплекса ИНТОР составили 1,3 млрд. долл. США.

Общее заключение Международной рабочей группы по рассмотрению концепции ИНТОРА сводилось к тому, что такая установка является неизбежной на пути создания термоядерной энергетики. Такой шаг представлялся вполне своевременным и оптимальным для реализации его путем объединенных усилий на меж-

дународной основе. Главная задача Международной рабочей группы и национальных команд заключалась в оценке стоящих при разработке реактора технических задач, возможности их решения на уровне существующих технологических достижений и уровне предполагаемых затрат. По этим предварительным материалам предстояло принять решение о переходе к действительной разработке проекта реактора. На уровне высших руководителей упомянутых государств готовности принять решение о строительстве реактора в 1980–1981 г. еще не было. Энтузиастам этой проблемы предстояло проводить внутри каждой из стран долгую кропотливую агитационную и разъяснительную работу среди соответствующего высокого уровня руководителей стран.

Существенной причиной затянувшегося принятия решения в этом процессе было стремление дождаться получения на введенных в строй за рубежом в 1982–1984 г. крупнейших токамаках ДЖЕТ, ТФТР и ДЖИТИ-60 запланированных параметров плазмы и таким образом уменьшить риск. Как это стало уже почти правилом, инициатива ускорения принятия решения по совместной разработке реактора последовала из Советского Союза.

Во время встреч на высшем уровне в Париже и Женеве в 1985 г. М.С. Горбачев от имени СССР предложил организовать международное сотрудничество с целью создания экспериментального термоядерного реактора. На пресс-конференции по итогам встречи с президентом Франции Ф. Миттераном М.С. Горбачев отметил: «Обменялись мы и такой идеей: имеется проект, называемый «Токамак». В разработке этого проекта термоядерного синтеза участвовали Советский Союз, Франция, Соединенные Штаты, Япония и другие страны. Было бы интересно подумать, нельзя ли этот проект в нынешней ситуации осуществить совместными усилиями, дать возможность вывести наши исследования на путь получения практически неисчерпаемого источника энергии. Это заманчивая идея. Она своевременно прозвучала бы с учетом того, что это мирная идея, а кое-кто продвигает ведь другое.»

На встрече в Женеве в ноябре 1985 г. это предложение было обсуждено также с президентом США Р. Рейганом. В докладе на Сессии Верховного Совета СССР 27 ноября 1985 г. «Об итогах Советско-американской

встречи на высшем уровне в Женеве и международной обстановке» М.С. Горбачев, в частности, сказал: «По инициативе СССР с участием ученых разных стран начата разработка проекта термоядерного реактора «Токамак», открывающего возможность радикально решить энергетическую проблему. По свидетельству ученых можно еще в этом веке создать «земное солнце» — неиссякаемый источник термоядерной энергии. Мы с удовлетворением отмечаем, что в Женеве было условлено продолжить эту важную работу».

Вероятно, когда М.С. Горбачев говорил, что «...начата разработка проекта термоядерного реактора», он имел в виду работу, которая проводилась в каждой из стран индивидуально по концепциям национальных термоядерных реакторов, а также совместную деятельность по реактору ИНТОР. Но, строго говоря, это еще нельзя было назвать совместной разработкой. Понадобилось еще около 2,5 лет, прежде чем такая работа началась всерьез. В период 1986 г. советская делегация во главе с Б.А. Семеновым, заместителем Председателя Комитета по атомной энергии, провела двухсторонние переговоры с американской и французской делегациями по путям реализации совместной разработки реактора. Делегации США и Франции отметили, что решение о совместном сооружении реактора они смогут принять только после разработки технического проекта установки, что несколько отличалось от нашей позиции с готовностью принять глобальное решение сразу. После дополнительных консультаций последовало официальное обращение Генерального директора МАГАТЭ Бликса к правительствам США, СССР, Японии и Европейского Сообщества с предложением об организации под эгидой МАГАТЭ в составе указанных стран разработки технического проекта реактора. Официальное согласие на это предложение от соответствующих правительств было получено.

По согласованию между сторонами — участниками проекта перед техническим проектом решено было ввести промежуточную стадию разработки *концептуальный (эскизный) проект реактора*. Концепция реактора разрабатывалась в период с мая 1988 г. до конца 1990 г. В этот период с учетом национального опыта участвующих в проекте стран, а также результатов совместной работы над ИНТОР уточнялись цели и задачи проекта, технические пара-

метры реактора, принципиальные возможности создания соответствующей техники, стоимость сооружения и т.п. Введение этого этапа было вполне оправдано, так как следующий этап проекта — технический — в силу своей важности и уникальности предполагал подписание четырехстороннего Межправительственного Соглашения, для которого необходимы были уточненные данные проекта. На концептуальной стадии проект получил сокращенное название ИТЭР (International Thermonuclear Experimental Reactor), под которым он стал выступать и на стадии технического проекта.

Разработка концептуального проекта ИТЭР производилась национальными командами каждой из участвующих в проекте сторон с последующей передачей результатов разработки в центр интеграции проекта. Такой центр разместился в Институте физики им. М.Планка в г. Гархинге (ФРГ). В центре интеграции концептуального проекта периодически работала международная группа ученых и инженеров по восемь человек от каждой из четырех участвующих в проекте сторон. Советскую часть группы возглавлял сотрудник ИАЭ им. И.В. Курчатова Ю.А. Соколов, общим директором центра был ученый из Японии Томабечи.

Высшим органом управления разработкой концептуальной стадии проекта ИТЭР стал Совет ИТЭР в составе восьми человек (по два человека от каждой стороны — участницы проекта).

Председателем Совета был избран представителем США Д. Кларк. От СССР в состав Совета вошли Е.П. Велихов и Н.С. Чеверев. Совет ИТЭР на своих регулярных заседаниях 2 раза в год в течение срока разработки концептуального проекта ИТЭР рассматривал и утверждал решения по проекту ИТЭР.

Не вдаваясь в технические параметры реактора ИТЭР, которые будут приведены ниже, следует отметить два принципиальных результата разработки концептуального проекта ИТЭР. Во-первых, участники проекта пришли к заключению, что объединенные технические возможности участвующих в проекте сторон позволяют создать термоядерный реактор ИТЭР на основе установок типа токамак с параметрами, обеспечивающими достижение целей реактора ИТЭР. И, во-вторых, 2,5-летняя совместная работа четырехстороннего международного коллектива доказала свою жизне-



Заседание советско-американской комиссии по сотрудничеству по УТС в Москве

способность к решению сложных технических и организационных задач. И это было важным результатом, так как существовал большой скептицизм по поводу возможности совместной разработки крупных проектов, в том числе с учетом участия в них СССР.

В декабре 1989 г., учитывая близкий срок успешного завершения работ над концептуальной стадией работ над проектом ИТЭР, Совет ИТЭР обратился к правительствам стран — участниц проекта с предложением о проведении в 1990—1991 гг. четырехсторонних переговоров по подготовке проекта Межправительственного Соглашения на разработку в течение шести лет инженерного (технического) проекта реактора ИТЭР. Советскую делегацию на этих состоявшихся переговорах возглавили Первый заместитель Министра по атомной энергетике и промышленности СССР Б.В.Никипелов и академик Е.П. Велихов.

В начале 1992 г. проект такого Межправительственного Соглашения был согласован странами — участниками проекта. Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 марта 1992 г. проект Соглашения был рассмотрен и одобрен к подписанию. Подпи-

сание Межправительственного Соглашения полномочными представителями стран-участниц проекта состоялось в Вашингтоне 21 июля 1992 г. От России (как преемницы СССР) его подписал Министр по атомной энергетике и промышленности В.Н. Михайлов.

Дословно в Соглашении основная программная цель проекта ИТЭР была определена в демонстрации возможности получения управляемого зажигания и продолжительного горения дейтерий-тритиевой плазмы, обеспечении ее устойчивого состояния, демонстрации технологии, присущей реактору, и обеспечении комплексной проверки компонентов реактора, необходимых для использования энергии термоядерной реакции в практических целях.

Соглашением отмечалось, что в ходе работ над проектом должны быть получены следующие основные результаты: 1) создан инженерный проект ИТЭР; 2) определены требования, предъявляемые к площадке ИТЭР, а также проведены необходимые анализы в области безопасности, экологии и экономики; 3) разработаны предложения о подходах к совместному претворению в жизнь принятых Сторонами решений



Подписание Межправительственного Соглашения

относительно будущего строительства, эксплуатации и снятия с эксплуатации ИТЭР.

Соглашением были определены руководящие органы разработки инженерного проекта ИТЭР. Высшим органом управления проектом стал Совет ИТЭР, состоящий из двух представителей от каждой стороны (всего восемь человек). Соглашением при Совете ИТЭР были созданы два комитета: Технический Консультативный Комитет (ТКК) для консультаций Совета по техническим вопросам проекта и Административный Консультативный Комитет (АКК) для консультаций Совета по административным, управленческим, финансовым и персональным вопросам. В обязанности Совета входило назначение Международного Директора проекта, а также назначение четырех его заместителей, по одному от каждой Стороны.

В соответствии с Соглашением для интеграции проекта в единое целое создавалась Совместная Центральная группа из представителей Сторон примерно в равном количестве. Размещение группы было одним из трудных вопросов при подготовке Соглашения. Каждая из трех участвующих в проекте сторон (США, Япония, Европейское Сообщество), кроме России, предложила свои территории для размещения Совместной Центральной группы. Было принято компромиссное решение разместить группу в трех предлагаемых местах, определив для каждой из них свою задачу в проекте. Соглашением местоположением группы были определены Гархинг (под Мюнхеном, ФРГ), Нака (Япония, 120 км от Токио) и Сан-Диего (Калифорния, США). С практической точки зрения это было не лучшее решение, но принцип консенсуса заставил это сделать. Ка-

ждая из указанных Сторон обязывалась принять на себя все расходы по созданию необходимых условий работы Совместной Центральной группы (аренда земли, рабочие помещения, имущество и некоторые услуги).

По Соглашению каждая из Сторон обязывалась организовать свою национальную команду для разработки проекта и назначить ее руководителя, отчитывающегося перед Международным Директором. Соглашением особо оговаривались условия равного вклада Сторон в разработку проекта. Отдельная статья Соглашения определяла разработку инженерного проекта ИТЭР под эгидой МАГАТЭ.

Первое заседание Совета ИТЭР в рамках указанного Межправительственного Соглашения состоялось в сентябре 1992 г. в Вене и было посвящено главным образом вопросам персональных выборов и назначений в органы проекта ИТЭР, о которых говорилось выше. В состав высшего органа управления проектом — Совет ИТЭР от России были предложены Е.П. Велихов и Н.С. Чеверев. Вместо последнего с декабря 1996 г. членом Совета ИТЭР стал Ю.А. Соколов. Учитывая большие организационные заслуги Е.П. Велихова в формировании международного общественного мнения в пользу становления проекта ИТЭР, он был единодушно избран председателем Совета ИТЭР, которым и остается до настоящего времени.

В состав (ТКК) от России нами были предложены ведущие специалисты в соответствующих областях науки и техники: Б.Б. Кадомцев, В.А. Глухих, Е.О. Адамов и М.И. Солонин. В составе АКК главным действующим лицом от России стал Л.Г. Голубчиков.

Совет ИТЭР одобрил назначение Ребю



В. А. Глухих

(Франция) Международным Директором Совета ИТЭР (впоследствии директором проекта стал Р. Аймар). Одним из заместителей Директора от России был назначен В.А. Чуянов (РНЦ «Курчатовский институт»).

Совет ИТЭР принял к сведению назначение в России руководителем российской национальной коман-

ды по разработке проекта О.Г. Филатова (НИИЭФА им. Д.В. Ефремова). В.С. Власенков по предложению российской стороны был избран Секретарем Совета ИТЭР. Штаб-квартирой Совета ИТЭР была определена Москва, хотя в дальнейшем заседания Совета с равномерной последовательностью проходили во всех странах — участницах проекта.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 марта 1992 г. Министерству Российской Федерации по атомной энергии отводилась роль головного ведомства в России по руководству и обеспечению участия страны в проекте ИТЭР. В самом Министерстве Главному управлению фундаментальных проблем ядерной физики и термоядерного синтеза (или 18 ГУ) было поручено курирование этих работ. 3 ноября 1993 г. Министром В.Н. Михайловым в соответствии с действовавшим тогда порядком была утверждена Федеральная научно-техническая программа России «Международный термоядерный реактор ИТЭР и НИОКР в его поддержку на период 1993—1998 годов». Федеральная научно-техническая программа предполагала целевое ее финансирование отдельной строкой, что для проекта ИТЭР и стало реализовываться с 1994 г.

В Федеральной Программе по проекту ИТЭР были определены ее основные исполнители в России. Ими стали:

НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (директор В.А. Глухих) — генеральный конструктор проекта ИТЭР в России;

Институт ядерного синтеза Российского научного центра «Курчатовский институт» (директор Б.Б. Кадомцев) — научный руководитель

проекта ИТЭР в России; НИКИЭТ (директор Е.О. Адамов) — главный конструктор бланкета ИТЭР в России; ВНИИНМ им. А.А. Бочвара (директор М.И. Солонин) — главный разработчик тритиевой системы и сверхпроводящих материалов проекта ИТЭР в России, ВНИПИЭТ (директор В.А. Курносков) — генеральный проектировщик проекта ИТЭР в России.

Еще в апреле 1992 г. приказом Министра В.Н. Михайлова при 18 ГУ была образована Российская дирекция проекта ИТЭР во главе с О.Г. Филатовым — директором научно-технического центра «Синтез» НИИЭФА им. Д.В. Ефремова. В состав дирекции вошли представители основных исполнителей работ по проекту ИТЭР в России и 18 ГУ. Был определен порядок организации и финансового обеспечения работ по проекту ИТЭР в рамках упомянутой Федеральной Программы. В строгом соответствии с заданиями, получаемыми Россией от Международной Дирекции проекта, 18 ГУ заключало целевые договоры с четырьмя первыми основными исполнителями работ на поручаемые им работы. Основные исполнители в пределах выделяемых им средств имели право привлекать к выполнению работ сторонние организации. Приемка выполненных работ и передача их результатов в Международную Дирекцию осуществлялись через российского Директора проекта О.Г. Филатова и подчиненный ему в НИИЭФА им. Д.В. Ефремова коллектив. Такой порядок действует и в настоящее время.

Как уже упоминалось, интеграция проекта на основании результатов работ национальных команд осуществляется в трех международных центрах: Сан-Диего, Наке, Гархинге. В этих трех центрах к настоящему времени постоянно работают 28 российских специалистов. Каждый из командированных специалистов имеет долгосрочный (до 6 лет) контракт с Министерством (Комитетом по международным связям и 18 ГУ), оплачивающим расходы специалистов за рубежом (зарплата, жилье, проезд и т.п.). Помимо этого, Минатом регулярно осуществляет краткосрочные командирования экспертов в центры интеграции проекта для обсуждения отдельных конкретных вопросов проекта. Например, в таких краткосрочных выездах в 1996 г. приняли участие около 150 чел.

По Межправительственному Соглашению

стороны — участницы проекта договорились о создании так называемого фонда для финансирования определенных общих расходов. Валютные расходы России на проект ИТЭР таким образом слагаются из трех составляющих: содержание за рубежом членов российской постоянной команды, оплаты краткосрочных командирований и взносов в Совместный фонд. После утверждения упомянутой выше Федеральной целевой Программы по проекту ИТЭР Минфин Российской Федерации специальным решением ежегодно выделяет Минатому целевое валютное обеспечение на указанные составляющие расходов.

Первые примерно 1,5 года работы Совместной центральной команды и национальных коллективов ушли на анализ и уточнение результатов концептуальной (эскизной) проработки проекта реактора ИТЭР. На сегодня, т.е. лето 1997 г., параметры будущего реактора ИТЭР окончательно выглядят так:

Большой диаметр плазмы, м	16,2
Малый диаметр плазмы, м	5,6
Продольный ток в плазме, МА	21,0
Индукция тороидального магнитного поля на диаметре 16,2 м, Тл	5,7
Длительность импульса на 1-м этапе эксплуатации, с	1000
Общая термоядерная мощность, МВт	1500
Нейтронная нагрузка на стенку, МВт/м ²	1,0
Мощность дополнительного нагрева, МВт	100

К настоящему времени инженерный проект ИТЭР вступает в свою завершающую стадию — подготовку окончательного отчета. Этому предшествовало рассмотрение и одобрение Советом ИТЭР в декабре 1995 г. так называемого Предварительного отчета, и в июле 1997 г. на 12-м заседании Совета ИТЭР будет утвержден следующий этап разработки проекта — Детальный отчет. Для такого утверждения имеются все основания: в странах — участницах проекта Детальный отчет уже прошел всестороннее обсуждение и получил поддержку. В России рассмотрение Детального отчета имело многоступенчатый характер: головными организациями — участниками разработки проекта ИТЭР в России с привлечением экспертов, на 12-й Всероссийской конференции по физике плазмы в феврале 1997 г. и, как суммирующее все обсуждения, на научно-техническом Совете Министерства

Российской Федерации по атомной энергии 31 марта 1997 г. под председательством Министра В.Н. Михайлова. Главный пункт решения научно-технического Совета звучит так: «Поручить членам Совета ИТЭР от России Е.П. Велихову и Ю.А. Соколову довести до сведения Совета и Директора проекта Аймара позицию России об одобрении «Детального проекта ИТЭР» в целом и предложить приступить к подготовке окончательного отчета по проекту».

Что же из себя представляет реактор ИТЭР сегодня?

Учитывая масштабы проекта и громадную инфраструктуру, складывающуюся вокруг реактора, правильно было бы говорить о *комплексе ИТЭР*. Комплекс, потому что, помимо собственно реактора ИТЭР и здания, в котором он будет размещен, на площадке размером 1,2×0,7 км по проекту должно быть возведено еще 31 сооружение, обеспечивающие работу реактора. Сердцем комплекса является реактор. Как уже отмечалось, в основу его конструкции положена впервые предложенная и реализованная в России система магнитного удержания плазмы типа Токамак с усовершенствованиями и нововведениями, которые появились в течение всей длительной истории исследования этих систем у нас и за рубежом. В той или иной форме основные элементы реактора ИТЭР содержатся в более миниатюрных размерах в ныне действующих установках этого типа, может быть за исключением blankets.

Для иллюстрации величины шага, который делает ИТЭР, на рис. 4 приведены сравнительные размеры вакуумных камер (строго говоря, размеры плазменного шнура) действовавших и действующих токамаков в России.

На рис. 5 приведен внешний изометрический вид реактора ИТЭР, а на рис.6 дан вертикальный разрез его центральной части с указанием наименований основных элементов реактора и масштабной шкалой. Реактор ИТЭР состоит из следующих элементов:

тороидальная магнитная система (на рис.6 обозначена как ТК) для создания постоянного магнитного поля для стабилизации и удержания плазмы. Состоит из 20 катушек, намотанных из сверхпроводящего Nb₃Sn кабеля с суммарной массой сверхпроводника 870 т;

полоидальная магнитная система (ПК) для формирования и поддержания плазменного шнура в равновесии. Состоит из семи кату-

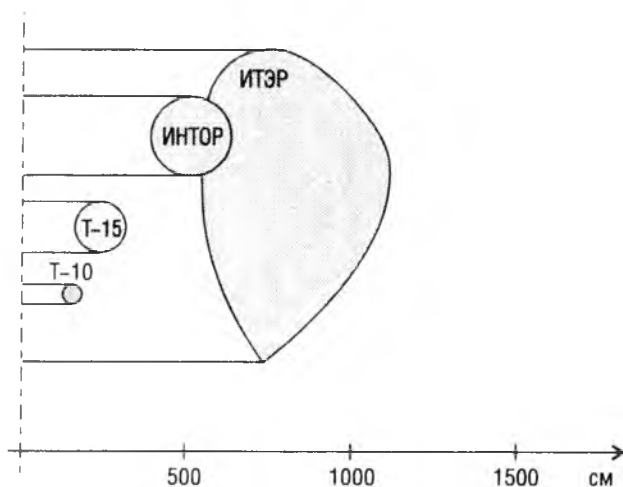


Рис. 4. Сравнительные размеры поперечного сечения плазмы установок токамак. ИНТОР и ИТЭР

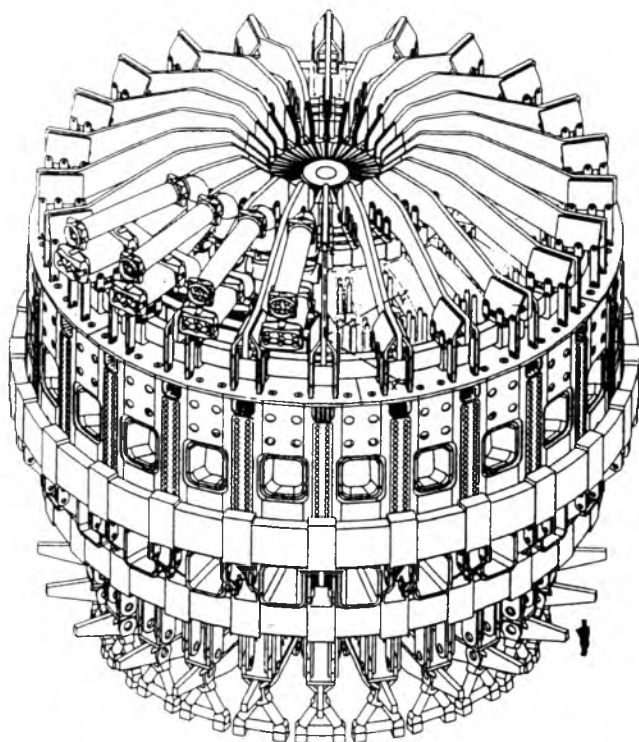


Рис. 5. Вид ИТЭР

шек, наматываемых из NbTi сверхпроводящего кабеля с суммарной массой сверхпроводника 820 т;

камера и внутрикамерные элементы для обеспечения достижения высокого вакуума и создания первого барьера безопасности для удержания трития и ограничения радиационного воздействия. В качестве материала камеры выбрана нержавеющая немагнитная сталь типа 316LN (отечественный аналог 03Х17Н14МГ). Общая масса камеры составляет 8220 т. На рис.7 приведен вид одного из 20 сегментов вакуумной камеры;

дивертор для приема тепловых и корпускулярных потоков, выносимых из плазмы и контроля содержания примесей и продуктов реакции. Дивертор рассчитан на прием общей тепловой мощности около 300 МВт с максимальной плотностью стационарного теплового потока 5 МВт/м². Общую сборку дивертора составляют 60 кассет общей массой 1500 т. В качестве хладагента используется вода; материалами дивертора, обращенного к плазме, являются вольфрам, медь и бериллий. На рис.8 показана одна из кассет дивертора;

защитный бланкет для восприятия тепловых потоков от плазмы и снижения активации материала вакуумной камеры и сверхпроводящих катушек от радиационных повреждений. В качестве конструкционных материалов защитного бланкета выбраны медь, бериллий и нержавеющая сталь типа 316LN, хладагентом — вода. Защитный бланкет должен обеспечить работу ИТЭР на первой фазе его эксплуатации — физических исследованиях с тритием, поставляемым извне. Полная масса бланкета составляет 5000 т. На второй фазе (основной, с повышенной нагрузкой) он должен быть заменен на бланкет с производством трития из лития;

тритиевый контур для подготовки топливной смеси, выделения трития из отработавшего топлива, выделения трития из тритийвоспроизводящего бланкета и дейтеризации охлаждающей воды. Расход трития за один рабочий цикл работы реактора (>1000 с) составит 3,3 г. Во время работы реактора ИТЭР на второй фазе во всех системах реактора будут одновременно находиться 3—4 кг трития. Общее количество трития, необходимого для работы во второй фазе (примерно 10 лет), составит 30 кг. Замена защитного бланкета на тритиево-

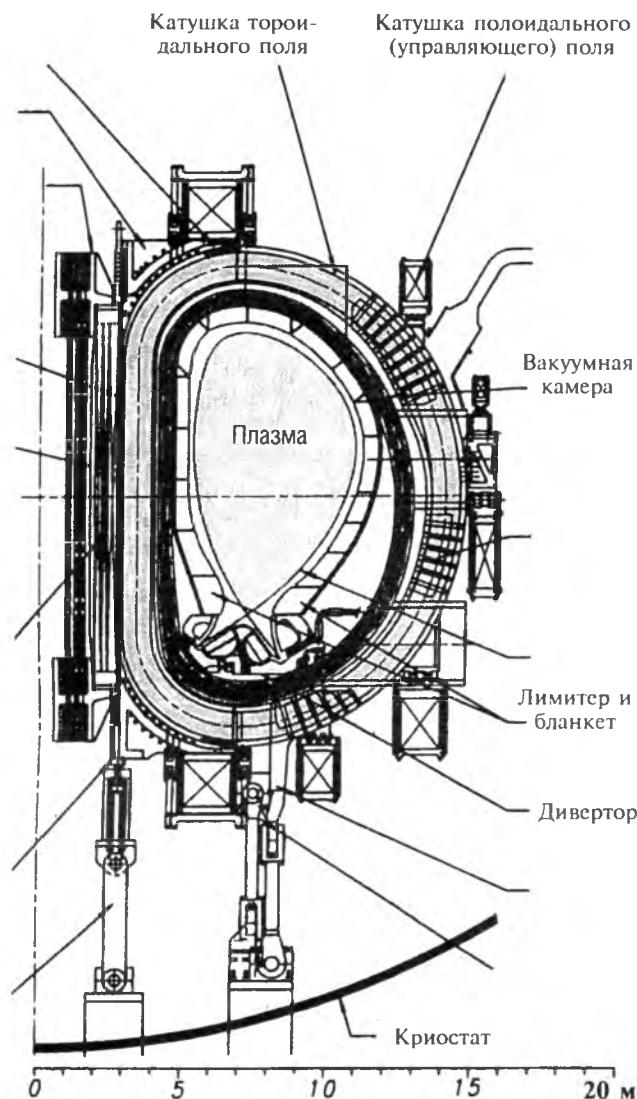


Рис. 6. Поперечный разрез реактора ИТЭР

воспроизводящий позволит примерно 80% этого трития наработать в ИТЭР;

криостат для обеспечения вакуумной изоляции от окружающей среды с целью ограничения теплопритоков к сверхпроводящей магнитной системе и формирования второго барьера безопасности для удержания трития. Материалом криостата является нержавеющая сталь типа 304 (отечественный аналог 08Х18Н10Т). Полная масса криостата составит 2820 т;

вакуумная откачка для получения и поддержания в разрядной камере требуемых вакуумных условий. В качестве средств откачки ис-

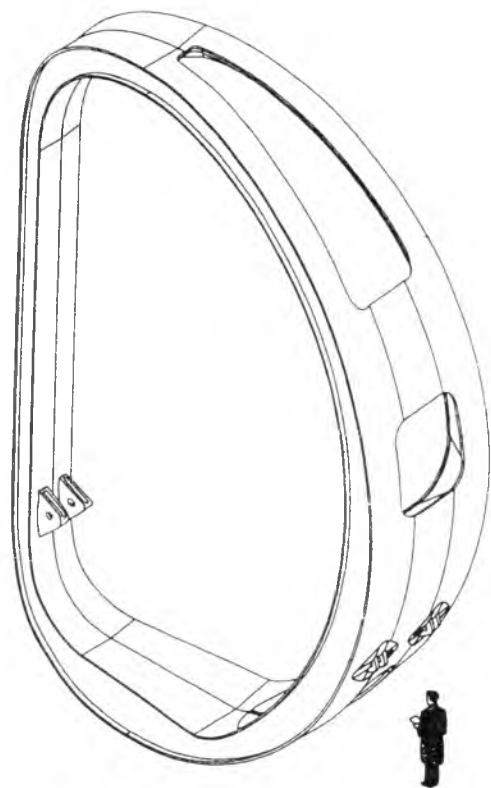


Рис. 7. Один из 20 сегментов вакуумной камеры ИТЭР

пользуются 16 криосорбционных панелей и безмасляные компрессионные насосы. При громадном объеме вакуумной камеры (5400 м^3) система откачки должна обеспечить скорость натекания газа внутрь объема не более $10 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$;

криогенная фабрика необходимая для работы реактора, рассчитанная на тепловые нагрузки на уровне: 4,5К — 125 кВт (гелиевый охладитель); 80 К — 300 кВт (азотный охладитель). Вспомним, что аналогичная мощность криогенного устройства для крупнейшей в России установки Т-15 составляет примерно 4 кВт.

система дополнительного нагрева плазмы от всех источников составит приблизительно 100 МВт. В эту систему с примерно равным вкладом по мощности будут входить электронно-циклотронный и ионно-циклотронный нагревы от СВЧ и ВЧ генераторов, а также инжекция нейтральных частиц;

система электропитания реактора ИТЭР состоит из двух составляющих: стационарное питание, предназначенное для электроснабжения

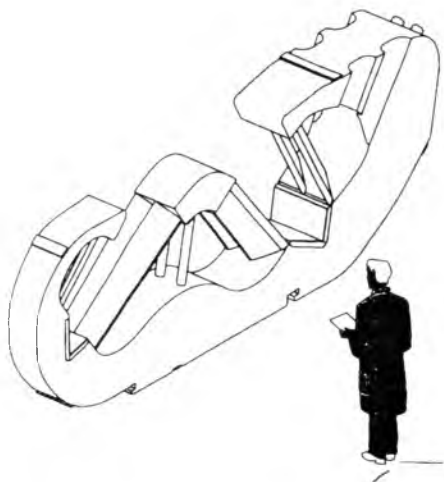


Рис. 8. Одна из кассет дивертора

стационарно работающих систем реактора с активной мощностью около 230 МВт, и импульсное питание сверхпроводящих обмоток полоидального магнитного поля и источников дополнительного нагрева плазмы с максимальной активной мощностью примерно 650 МВт. Полная средняя мощность, потребляемая реактором при его работе в течение одного рабочего цикла (≥ 1000 с) составит 300–350 МВт.

Для некоторого подведения итогов краткого описания реактора на рис. 9 схематически показано размещение реактора в экспериментальном зале. Реактор размещается ниже уровня земли и это является третьим барьером безопасности для удержания трития.

Для полноты представления инженерного проекта ИТЭР в целом на рис. 10 приведено схематическое расположение всех объектов комплекса на предполагаемой площадке сооружения. По оценкам стоимость изготовления технологического оборудования собственно реактора от полной стоимости комплекса ИТЭР составит около 60%.

На сегодняшний день (лето 1997 г.) временной график реализации проекта ИТЭР вплоть до его физического пуска представлен на рис. 11. Все, что изображено на графике до середины 1998 г. имеет официальную основу в виде Межправительственного Соглашения от 21 июля 1992 г. В настоящее время все четыре участвующие в проекте стороны начали активную подготовку продления действия указанного Соглашения еще на три года для «привяз-

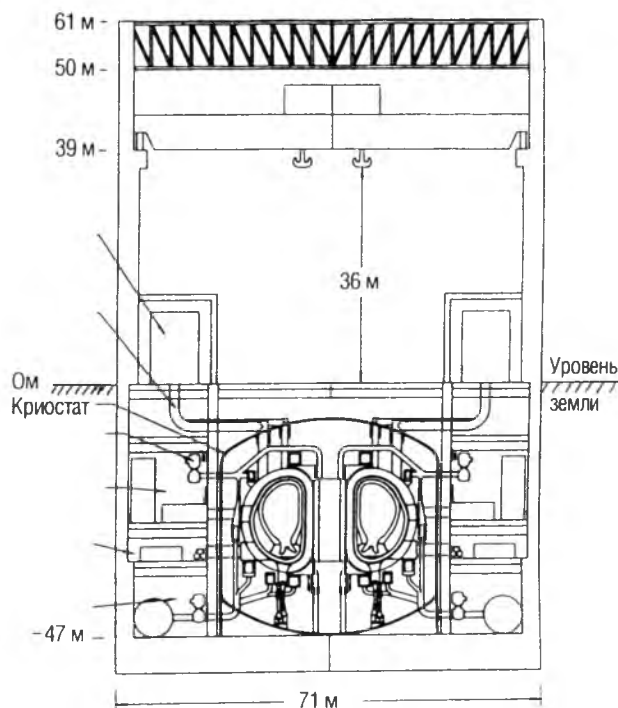


Рис. 9. Размещение ИТЭР в экспериментальном зале

ки» проекта реактора к месту его предполагаемого сооружения. Европа, Япония и Канада, готовы предоставить свои территории для размещения реактора.

Сегодня можно подвести некоторые итоги вклада российской стороны в разработку проекта. Статьей 12 Соглашения стороны обязаны вносить равный вклад усилий в разработку проекта. Если переходить на количественную оценку этого вклада и учесть отпущенный срок разработки (6 лет) и ее стоимость (1,2 млрд. долл. США), то каждая сторона, в том числе и Россия, обязаны в среднем в течение 6 лет выполнять работы по проекту на сумму, эквивалентную 50 млн. долл. США ежегодно. В первые 1,5 года работы над проектом, т. е. до 1994 г., когда работа в основном заключалась в уточнении концепции проекта и окончательного определения технических параметров будущего реактора, т.е. носила в основном расчетно-теоретический характер, вклад России в проект вполне соответствовал уровню наших обязательств. В этот период времени мы использовали наш предыдущий громадный экспериментальный и теоретический багаж, накопленный в течение десятилетия разработки токамаков. Грубо говоря, мы

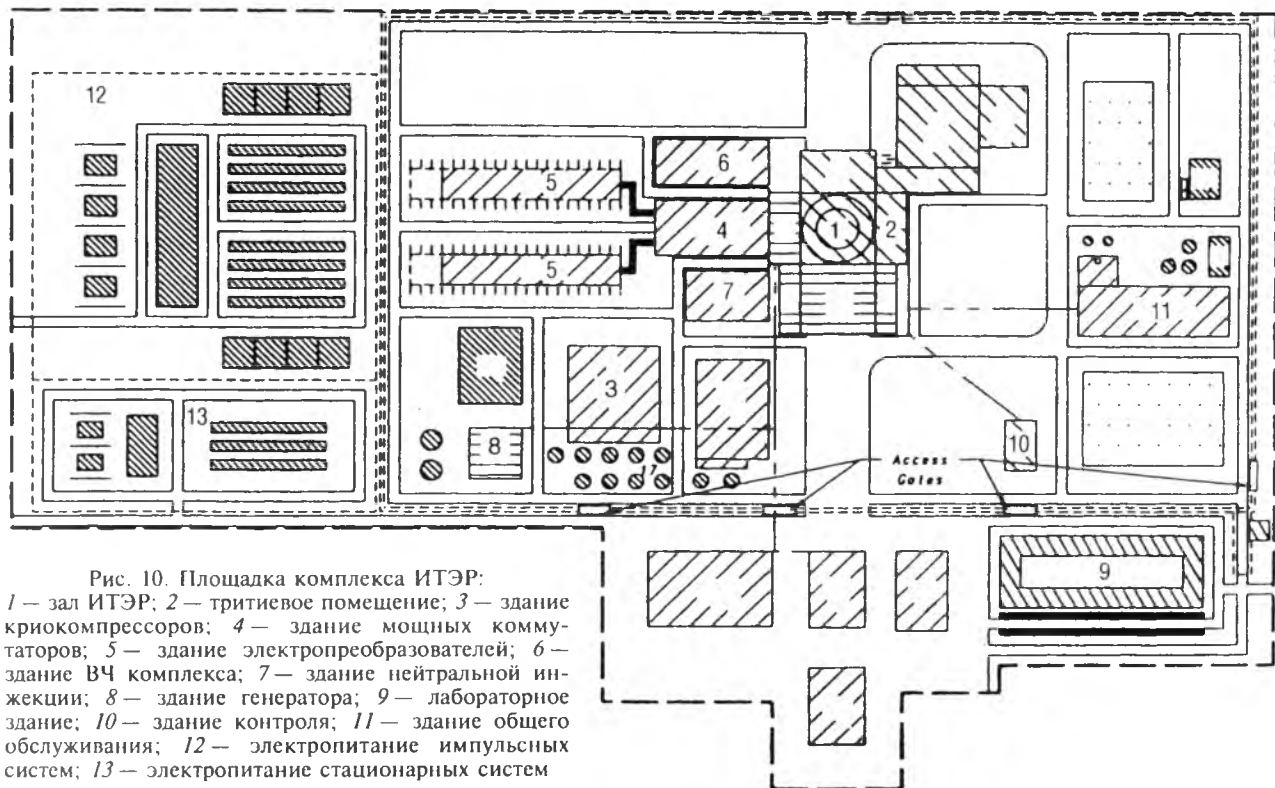


Рис. 10. Площадка комплекса ИТЭР:
 1 — зал ИТЭР; 2 — тритиевое помещение; 3 — здание криокомпрессоров; 4 — здание мощных коммутаторов; 5 — здание электропреобразователей; 6 — здание ВЧ комплекса; 7 — здание нейтральной инжекции; 8 — здание генератора; 9 — лабораторное здание; 10 — здание контроля; 11 — здание общего обслуживания; 12 — электропитание импульсных систем; 13 — электропитание стационарных систем

«проедали» свои запасы без существенного увеличения затрат на новые работы в интересах проекта ИТЭР. Ситуация изменилась с начала 1994 г., когда действительно началось инженерное проектирование реактора и потребовалось существенное увеличение фронта работ. Технически мы были готовы к этому: имелись и соответствующие научные заделы, и индустриальная база и подготовленные коллективы. Однако все это не подкрепилось соответствующим бюджетным финансированием и, хотя к этому времени проект ИТЭР в России стал фигурировать в качестве одной из немногих целевых приоритетных программ, финансовый обвал коснулся и его. Например, в 1994 г. плановое бюджетное финансирование проекта ИТЭР было почти в 10 раз меньше указанного в Межправительственном Соглашении и необходимого для полного выполнения наших заданий по проекту.

Три других стороны — участницы проекта ИТЭР, а именно США, Европейское сообщество и Япония приняли решение принять часть работ России на себя, оставить нам только те работы, которые мы исходя из выделяемого уровня финансирования беремся выполнить с

высокой гарантией. Критичность ситуации с общим состоянием работ по проекту стала не такой острой, но для нас это означало резкое уменьшение влияния на проект, что в дальнейшем на фазе распределения заказов на изготовление оборудования может иметь свое отрицательное продолжение, так как лишит Россию доступа к высоким технологиям.

Положение дел с финансированием работ по проекту ИТЭР в России несколько улучшилось в 1996 и 1997 гг., когда Министром Российской Федерации по атомной энергии в дополнение к бюджетному финансированию стали выделяться централизованные ассигнования Минатома. Однако и при этом выполняемая нами доля работ в проекте в несколько раз меньше доли любого из наших партнеров.

Тем не менее на 12-м заседании Совета ИТЭР в июле 1997 г. все партнеры по проекту единодушно высказали твердую готовность завершить инженерный проект реактора ИТЭР и начать энергичные действия по подготовке Межправительственного Соглашения на фазу сооружения реактора.

В исследованиях по управляемому термо-

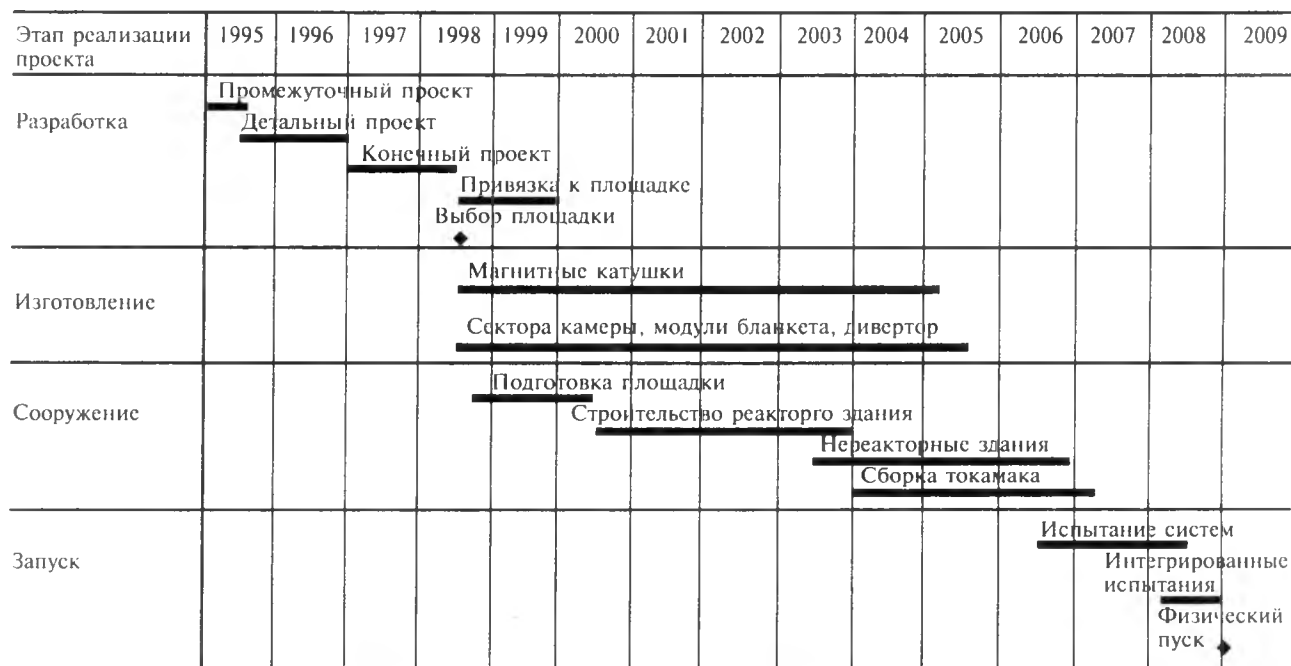


Рис. 11. Временной график сооружения ИТЭР

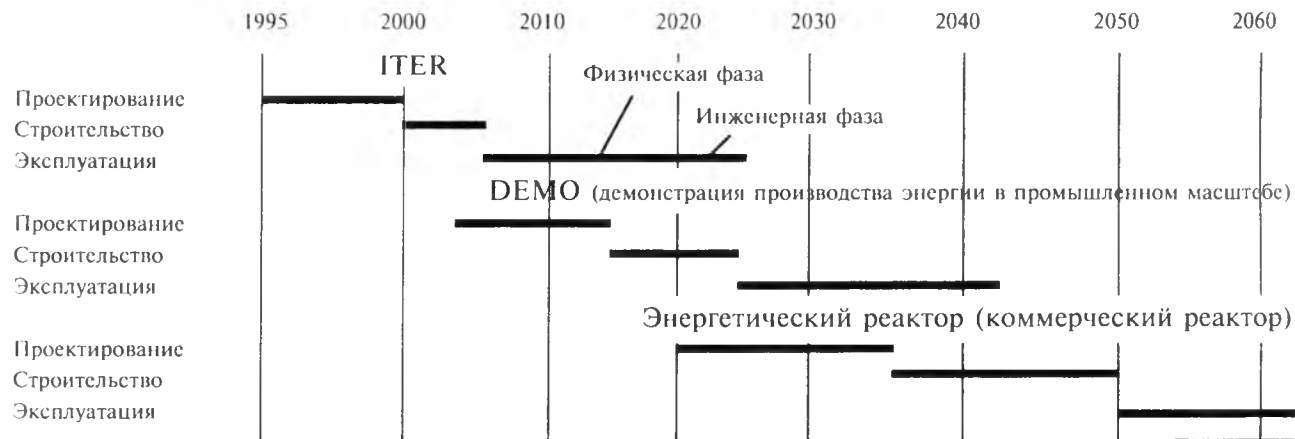


Рис. 12. Возможный сценарий развития энергетики на основе установок токамак

ядерному синтезу мировым термоядерным сообществом в свое время были определены три этапа разработки энергетики на основе термоядерных реакций синтеза:

Этап 1 — научная демонстрация физической управляемой термоядерной реакции синтеза.

Этап 2 — техническая демонстрация с осуществлением мощной термоядерной реакции и отработкой технологий, присущих будущему энергетическому термоядерному реактору.

Этап 3 — создание энергетической промышленной

станции с высоким запасом безопасности и приемлемыми экономическими показателями стоимости энергии.

Первый этап можно считать завершенным после осуществления на крупнейших термоядерных установках типа токамак термоядерной реакции синтеза с выходом энергии в нейтронном потоке до 10 МВт.

Этап технической демонстрации предстоит осуществить на экспериментальном реакторе ИТЭР, создаваемом международным сообще-

ством. Мы должны быть горды, что российское изобретение — токамак — положено в основу этого уникального проекта.

Разработка термоядерных реакторов на основе концепций, отличных от токамака, несомненно будет вестись научными коллективами стран, однако первый прорыв в этой области осуществили токамаки, и сегодня имеется высокая физическая гарантия работоспособности проекта ИТЭР. Реальный серьезный разговор о возможности вписаться термоядерному синтезу в энергетику будущего обоснованно можно вести, имея опыт создания и эксплуатации первого экспериментального реактора. Сегодня можно было бы привести некоторые видимые аргументы в пользу этого вида энергетики:

заметное уменьшение высокоактивных и долгоживущих радиоактивных продуктов по сравнению с ядерными реакторами деления;
существенно более быстрый спад наведен-

ной радиоактивности по сравнению с ядерными реакторами деления;

принципиальное исключение неконтролируемого роста мощности, невозможность аварий типа Чернобыльской;

свойство пассивной безопасности термоядерного реактора.

В заключение можно было бы привести один из возможных сценариев развития энергетики на основе термоядерного синтеза с опорой на концепцию токамаков и реакцию в смеси дейтерия и трития (рис. 12).

Как перспективу следует отметить, что в запасе у человечества есть другой вид термоядерной реакции синтеза, в которой топливом может служить изотоп гелия с массой 3 (^3He) и дейтерий. Эта реакция очень привлекательна, так как протекает без рождения нейтронов (безнейтронная реакция), что существенно уменьшает радиационную опасность реактора. Это далекая перспектива, путь к которой лежит через этапы современных исследований.

ХИ. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ядерное приборостроение для атомной промышленности и народного хозяйства

В.В. Матвеев, К.Н. Стась

Успешное развитие атомной промышленности, науки и техники в СССР стало возможным во многом благодаря тому, что практически одновременно были начаты работы как по созданию новейших технологий, уникального оборудования, так и по их оснащению принципиально новыми приборными средствами.

Именно аппаратура обеспечивала проведение научных исследований в недостаточно изведанной в те годы области науки и техники, осуществление процессов освоения ядерной энергии и жизненно важную необходимость создания безопасных условий труда на радиационно- и ядерноопасных производствах.

Задача разработки и изготовления соответствующей аппаратуры представлялась многим зарубежным специалистам не менее сложной, чем решение других проблем освоения атомной энергии. Так, в публикации американского журнала «Лук» в 1947 г. «Когда Россия будет иметь атомную бомбу?» отмечалось: «Русской промышленности недостает тонкости и это является громадным препятствием в изготовлении атомных бомб... Для ... России, легче освоить производство громоздкого оборудования, чем овладеть тонким механическим мастерством, необходимым для изготовления таких точных устройств, как радиоаппаратура...»

Надо иметь в виду, что речь шла о традиционном приборостроении, в то время как приборы для измерения ионизирующих излучений только-только начали выходить из стен лабораторий и еще не стали в те первые послевоенные (1945—1949 гг.) по-настоящему промышленной продукцией. Нужны были время и огромные усилия ученых, инженеров и производственников, чтобы задача оснащения атомной науки не лабораторными, а промышленно освоенными серийными приборами была успешно решена, а деятельность по созданию и производству таких приборов сформировалась в самостоятельную отрасль науки и техники, получившую впоследствии название ядерное

приборостроение. Человечество, по-существу, впервые столкнулось с необходимостью регистрации и измерения в повседневной жизни в достаточно широком масштабе природных явлений, на которые не реагируют органы чувств человека.

Объектом измерения ядерного приборостроения стали характеристики ионизирующих излучений, их полей и источников, эффектов взаимодействия излучения с веществом. Уже на первых порах для решения атомной проблемы потребовались устройства, регистрирующие различные излучения в виде потоков α - и β -частиц, γ -квантов, рентгеновского излучения, нейтронов, протонов, а также ядер некоторых элементов. Во многих случаях необходимо было избирательно измерять и идентифицировать частицы одного какого-либо типа в составе многокомпонентного излучения, образованного частицами и электромагнитным излучением разного рода. Требовалось регистрировать ионизирующие излучения в вакууме, газах, жидкостях, твердых веществах, и даже плазме, а приборы эксплуатировать на земле, под землей, под водой и в космосе, при этом значения измеряемых величин могли изменяться на восемнадцать порядков, а длительность некоторых регистрируемых процессов находилась в наносекундной области (составляла одну миллиардную секунды). При этом надо было учитывать вероятностный характер ядерных процессов, в силу которого для получения достоверных результатов измерения требовалось накопить и статистически обработать большое количество данных, и полное отсутствие какой-либо метрологической базы.

Необходимость решения таких сложных и специфических измерительных задач с последующим использованием результатов измерения для оптимизации и повышения безопасности ядерных технологий потребовала творческого использования достижений в области ядерной физики, физики твердого тела, элект-

роники, радиотехники, вычислительной техники и информатики, технологии приборостроения, что и определило основные особенности ядерного приборостроения как отрасли науки и техники, возникшей и сформировавшейся на стыке современных научно-технических дисциплин.

Как правило, изделия ядерного приборостроения состоят из следующих основных частей:

устройств детектирования ионизирующих излучений, предназначенных для преобразования параметров регистрируемого излучения в параметры электрических сигналов (это наиболее специфичная часть, определяющая основные метрологические характеристики ядерного приборостроения; многие устройства детектирования являются самостоятельными изделиями, продукцией ядерного приборостроения);

специальных электронных устройств, осуществляющих усиление, отбор по определенным признакам, формирование и нормирование электрических сигналов, поступающих от детекторов ионизирующих излучений (изделия так называемой ядерной электроники, которые могут как входить в состав блоков детектирования, так и быть самостоятельной продукцией ядерного приборостроения);

электронных устройств, осуществляющих дальнейшую обработку данных, их накопление, хранение и представление информации в удобном для последующего использования виде.

На начальном этапе развития ядерного приборостроения его продукцией было в основном многочисленное семейство переносных и стационарных приборов — дозиметров, радиометров и спектрометров, предназначенных для решения отдельных измерительных задач.

Дозиметры обеспечивают получение измерительной информации об энергии, переносимой излучением и(или) переданной им какому-либо объекту, находящемуся в поле действия этого излучения (например, для определения экспозиционной или поглощенной дозы).

Радиометры — это приборы для получения измерительной информации об активности нуклидов, в том числе, об их содержании в различных средах (воздухе, воде и т. п.), о плотности потока и потоке ионизирующих частиц или фотонов.

Спектрометры ионизирующих излучений — это приборы для получения измерительной информации о спектре распределения ионизиру-

щего излучения по одному или более параметрам (например, по энергии), характеризующим источник и поля ионизирующих излучений.

Наряду с этими приборами выпускали электронно-физическую аппаратуру ядерной электроники (усилители, пересчетные устройства, другие блоки и технические средства), предназначенные для работы с устройствами детектирования ионизирующих излучений.

По мере развития ядерной энергетики, начавшегося широкого строительства атомных электростанций, транспортных судов с ядерными энергетическими установками предметом деятельности ядерного приборостроения стало также проектирование и оснащение этих объектов крупными аппаратурными комплексами, в состав которых входили не только наборы различных приборов, но и многодетекторные и многофункциональные измерительно-информационные и управляющие системы, базировавшиеся на современных достижениях микроэлектроники и вычислительной техники и обеспечивавшие получение достоверной измерительной информации, необходимой для повышения безопасности и эффективности управления технологическими процессами и установками этих ядерных объектов.

На этом этапе началось интегрирование в состав функций измерительно-информационных систем задач получения и использования измерительной информации не только о параметрах ионизирующих излучений, но и о нерадиационных факторах, что обеспечивало новое качество ядерного приборостроения как измерительно-информационной основы атомной промышленности, науки и техники. В этот период специалистами ядерного приборостроения была сформулирована концепция описания любого промышленного объекта как совокупности двух взаимно дополняющих контуров: технологического, определяющего процессы переработки материалов или преобразования энергии, и информационно-управляющего, с помощью которого осуществляются процессы сбора, обработки и использования информации для управления, оптимизации и безопасного ведения технологических процессов.

В настоящее время перед ядерным приборостроением стоит еще более масштабная задача создания единой государственной системы контроля радиационной обстановки на территории России (ЕГАСКРО), на базе которой в

последующем может быть развернута комплексная система экологического мониторинга.

Предназначенные для обеспечения задач атомной отрасли ядерные методы и приборы послужили основой для развития и широкого применения радиоизотопных методов, базирующихся на регистрации измерений параметров ионизирующих излучений при взаимодействии их с веществом, например, в геологии и геофизике при поиске и разведке полезных ископаемых; в медицинских и биологических исследованиях, диагностике и клинической медицине; в промышленности для неразрушающего контроля, при производстве бумаги, стали и т. п.

Используемые для этих целей приборы представляют еще одну группу изделий ядерного приборостроения — радиоизотопные приборы, в состав которых помимо указанных ранее частей входит еще и источник ионизирующего излучения (радиоизотоп, рентгеновская трубка, генератор нейтронов и т. п.).

Постоянное расширение областей и масштабов применения приборов и систем для контроля и измерения ионизирующих излучений определило и диалектику формирования в СССР научно-технического и промышленного потенциала ядерного приборостроения. Первые серийные дозиметрические, радиометрические и электронно-физические приборы были созданы в период 1945—1952 гг. небольшими коллективами инженеров и техников московских заводов № 696 и № 528 Министерства промышленности средств связи СССР и группой ученых Лаборатории измерительных приборов АН СССР (в будущем ИАЭ им. И.В. Курчатова) под руководством М.С. Козодаева. Помимо этих коллективов в те же годы разработкой аппаратуры для исследовательских целей в области ядерной физики, для дозиметрии и технологического контроля занимались специалисты и многих других научно-исследовательских организаций, которые изготавливали единичные экземпляры и небольшие опытно-экспериментальные партии приборов сначала собственными силами, а позднее совместно с приборными службами атомных предприятий — Института биофизики МЗ СССР, Физического института АН СССР, Всесоюзного института минерального сырья, Всесоюзного научно-исследовательского института неорганических материалов, Московского государственного университета, Физико-энер-

гетического института и др. В связи с тем, что потребности страны в ядерной аппаратуре, в том числе и для оборонных нужд, непрерывно увеличивались, требования к аппаратуре возрастали, а существовавшие на заводах специальные конструкторские бюро из-за малой численности, отсутствия высококвалифицированных научных кадров и слабой технической оснащенности не могли решить эти задачи, постановлением Совета Министров СССР в 1952 г. на базе завода № 696 создается Центральное конструкторское бюро № 1 (ЦКБ-1) с опытным заводом, подчиненное Министерству средств связи СССР, в последующие годы НИИ-1, Союзный НИИ приборостроения, ныне Научно-инженерный центр «СНИИП».

ЦКБ-1 было первой специализированной самостоятельной организацией по разработке приборов для измерения ионизирующих излучений.

В дальнейшем в структуре Минсредмаша было создано еще несколько научных организаций, специализировавшихся на отдельных направлениях ядерного приборостроения, — НИИ импульсной техники, Всесоюзный НИИ радиационной техники, Рижский НИИ радиоизотопного приборостроения.

Разработанную аппаратуру ядерного приборостроения в течение довольно длительного периода серийно выпускали на заводах, не входивших в структуру Минсредмаша. Некоторые из них проектировали и строили специально для этих целей, для некоторых эта продукция была непрофильной. Производство ядерного приборостроения выпускали приборостроительные заводы в Москве, Минске, Киеве, Курске, Махачкале, Астрахани, Фрунзе, Сумах, Нарве, Брянске и др.

К концу 60-х годов практическое использование достижений атомной науки и техники в различных отраслях народного хозяйства и соответственно потребность в приборах для измерения ионизирующих излучений достигли таких масштабов, что это стало входить в противоречие с возможностями и теми производственными заданиями, которые имели заводы по своим основным направлениям деятельности. Было принято решение о создании в Минсредмаше собственной промышленной базы для производства аппаратуры ядерного приборостроения и к середине 70-х годов были построены и введены в эксплуатацию круп-

ные приборные заводы «Тензор» (Дубна), «Сигнал» (Обнинск), «Электрон» (Желтые Воды), полностью реконструирован завод «Импульс» (Пятигорск), создано приборное производство на заводе «Балтиец» (Нарва).

Широкое распространение изделий ядерного приборостроения наряду с радиоизотопной продукцией привело в середине 60-х годов к необходимости создания специализированной организации по сбыту и сервисному обслуживанию изделий, и в 1961 г. было образовано Всесоюзное объединение «Изотоп».

В результате в составе Минсредмаша был сформирован мощный научно-производственный комплекс, объединивший все виды предприятий, обеспечивавших жизненный цикл продукции ядерного приборостроения: группу научных организаций, выполнявших научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых типов изделий ядерного приборостроения, группу серийных заводов, сбытовую и сервисную организацию, обеспечивавшую постоянную связь с потребителями аппаратуры.

Головной организацией страны в области ядерного приборостроения был определен Союзный НИИ приборостроения.

НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «СНИИП»

История Научно-инженерного центра «СНИИП» как самостоятельной организации начинается с 19 апреля 1952 г., когда было подписано распоряжение Совета Министров СССР о создании на базе СКБ завода № 696 Центрального конструкторского бюро №1 (ЦКБ-1) с опытным заводом. Перед ЦКБ-1 была поставлена задача расширения опытно-конструкторских работ по военно-полевой, военно-морской, технологической, дозиметрической и радиометрической лабораторной аппаратуре и медицинским терапевтическим приборам для измерения ионизирующих излучений.

Через несколько лет работы по созданию и серийному освоению на различных заводах страны десятков приборов стало ясно, что дальнейшее повышение технического уровня невозможно без значительного увеличения объема научно-исследовательских работ, который составлял в то время всего 2–3% общего объема работ. Учитывая, что к этому времени ЦКБ-1 уже стал центром сосредоточения научных и

производственных сил и средств, объединенных единым руководством и проводивших единую техническую политику создания в стране новой отрасли приборостроения, Совет Министров СССР в мае 1957 г. принимает постановление о создании на базе ЦКБ-1 и опытного завода в системе Государственного Комитета СМ СССР по радиоэлектронике Союзного научно-исследовательского института № 1 (СНИИ-1). Этим постановлением на НИИ-1 были возложены задачи проведения НИР и ОКР по созданию дозиметрических и радиометрических и электронно-физических приборов и установок, а также по разработке методов регистрации и измерения ионизирующих излучений.

В мае 1958 г. НИИ-1 и его опытный завод были переданы Минсредмашу. В 1960 г. на институт были возложены функции головной организации по ядерному приборостроению. В 1962 г. Союзный НИИ-1 был переименован в Союзный научно-исследовательский институт приборостроения. В 1985 г. за выполнение важнейших заданий институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В 1992 г. после крупной организационной и структурной перестройки, связанной с необходимостью адаптации к рыночной экономике, институт получил новое название — Научно-инженерный центр «СНИИП».

В настоящее время НИЦ «СНИИП» представляет собой государственную организацию холдингового типа, объединяющую головное предприятие и ряд дочерних обществ и товариществ, каждое из которых осуществляет свою хозяйственную деятельность по определенным направлениям ядерного приборостроения при общей координации со стороны головного предприятия.

До 1961 г. организацию возглавлял С.В. Мамиконян, до 1974 г. — Н.А. Шеховцов, а с 1974 г. и по настоящее время — В.В. Матвеев, который до назначения на должность директора с 1962 г. руководил деятельностью института по развитию научных исследований и внедрению их результатов в опытно-конструкторские разработки будучи заместителем директора по научной работе. В последующие годы функции заместителей директора по научной работе по различным направлениям ядерного приборостроения выполняли И.С. Крашениников, И.Д. Мушин, К.Н. Стась.

За прошедшие годы ученые и инженеры ин-



В.В. Матвеев,
доктор технических наук,
профессор, лауреат
Государственных премий
СССР, академик
Международной академии
информатизации,
заслуженный работник
промышленности СССР

ститута создали свыше двух тысяч типов различных приборов и систем, специальных электронных блоков и устройств. Значительную часть их выпускали более чем 20 серийных заводов, некоторые — собственное опытно-экспериментальное производство.

Создав несколько поколений надежной и точной аппаратуры ядерного приборостроения, СНИИП внес весомый вклад в выполнение наиболее приоритетных, получивших широкое международное признание научных и инженерно-технических программ СССР — атомной, освоения Космоса, информатизации и обеспечения радиационной безопасности населения и т. п.

Необходимо отметить, что в основу концепции развития ядерного приборостроения в СНИИП уже на начальных этапах были положены принципы комплексности и системности, обеспечивавшие, с одной стороны, развертывание работ по созданию универсальной, т.е. имевшей наиболее широкую область применения, аппаратуры, а с другой — детальное изучение технологических особенностей объектов или научно-технических проблем, формулирование измерительных задач и создание соответственно оптимального по структуре и объему аппаратурного комплекса для данного вида объекта (или проблемы) на основе использования типовых унифицированных технических средств и решений.

При таком подходе принципиально важными стали вопросы построения информационно-физических моделей объектов контроля и определения на их основе оптимальных объемов контроля, измерения и автоматизации. Создание новых перспективных технологических процессов и установок начало потребовало привлечения к проведению соответствующих исследований уже в самом начале работ приборостроительных институтов. Это позво-



И.С. Крашенинников,
кандидат технических наук,
член-корреспондент
Международной академии
информатизации



К.Н. Стась,
кандидат технических наук,
член-корреспондент
Международной академии
информатизации,
заслуженный
машиностроитель РФ

лило наиболее эффективно достичь органического единства технологического и информационно-управляющего контуров и обеспечить реальные предпосылки для создания высокоавтоматизированных и безопасных производств на основе полного использования возможностей приборостроения.

Благодаря успешной реализации такого подхода коллектив НИЦ «СНИИП» создал и обеспечил крупными измерительно-информационными и управляющими аппаратурными комплексами многие народнохозяйственные и оборонные объекты — основной объем штатного контроля радиационной обстановки, дозиметрических, радиометрических и спектрометрических измерений ионизирующих излучений в различных отраслях науки, техники, промышленности и для оборонных целей осуществлялся в СССР, а сейчас выполняется в странах бывшего СССР с помощью серийных приборов, созданных в НИЦ «СНИИП».

АППАРАТУРА ДЛ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Особое место в деятельности НИЦ «СНИИП» занимала, естественно, разработка аппаратуры для предприятий атомной промышленности и энергетики.

В течение многих лет СНИИП создавал аппаратуру и приборы, обеспечивающие все стадии полного цикла ядерной энергетики, включая начальную — поиск радиоактивных ископаемых. Один из основных видов поиска мес-

торожении радиоактивных руд является поиск их с самолета или вертолета. Для оборудования самолетов используют специальные высокочувствительные гамма-радиометры, показания которых автоматически записываются на ленте прибора совместно с показаниями высотомера. Чувствительность этой аппаратуры позволяет выявить превышение уровня радиации над фоновым всего на несколько процентов за доли секунды.

Специальная высокочувствительная аппаратура разработана и для оснащения отрядов полевой разведки при поиске залежей радиоактивных руд с автомобиля.

Разведку уже открытых аномалий (определение границ месторождения, измерение радиоактивности отдельных участков и т.п.) производят с помощью переносных портативных радиометров. Такие радиометры, регулирующие повышение плотности потока γ -излучения, составляющее долю от фоновых величин, широко эксплуатируют в геологических партиях.

Промышленность выпускает как переносные радиометры, рассчитанные на каротаж мелких скважин (глубиной 100—150 м) с диаметром зонда около 40 мм, так и крупные установки, размещаемые на автомашинах и предназначенные для каротажа скважин глубиной около 1 км.

Разработаны радиометры для радиометрического обогащения (рудосортировки) урановых, а в некоторых случаях и других видов руд.

Следующая важная задача переработки ядерного сырья — управление радиохимическими процессами, для чего была разработана большая группа приборов, контролирующих технологические среды в целях получения урановых соединений высокой степени очистки для изготовления твэлов.

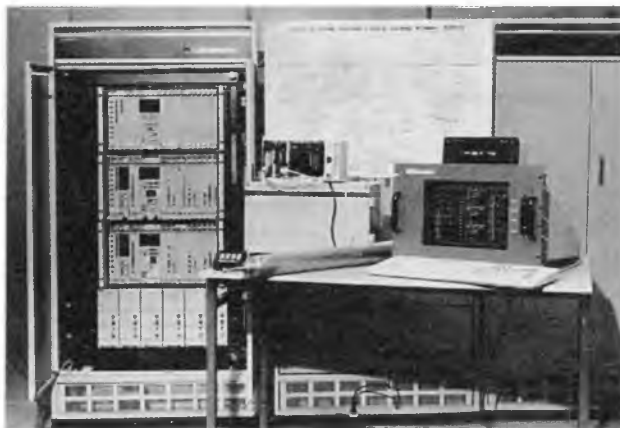
Функции созданных комплексов аппаратуры — контроль, управление и защита основных типов энергетических реакторов. Комплекс состоит из нескольких специальных аппаратурных систем, подобранных по функциональному признаку. Структура каждой из систем является функцией общей задачи и назначения аппаратуры. Комплекс обычно содержит системы: внутрореакторного контроля (ВРК); измерения нейтронного потока для управления и защиты реактора (АКНП); контроля герметичности оболочек твэлов (КГО); контроля и обеспечения радиационной безо-

пасности (АКРБ); контроля окружающей среды (АСКРО); шумовой диагностики и др.

Назначение этих систем — наглядный пример последовательного перехода от чисто технологических функций, обеспечивающих достижение высоких и напряженных параметров работы реакторного блока, к функциям защитным, гарантирующим максимальную безопасность работы АЭС.

Система ВРК служит для измерения микроструктуры нейтронного и температурного полей внутри активной зоны реактора с последующим определением запасов до кризиса теплообмена в целях оптимизации режима работы активной зоны. Исходная информация системы позволяет проводить физические и теплотехнические расчеты с помощью ЭВМ, являющейся неотъемлемой составной частью системы. Одновременно информация может быть использована для обнаружения и сигнализации об аномальных отклонениях в отдельных точках активной зоны нейтронного и температурного полей. Система включает блоки детектирования, линии связи, усилители и коммутаторы сигналов низкого уровня, прецизионные аналого-цифровые преобразователи, управляющие блоки, собственный процессор с оперативным запоминающим устройством, универсальный дисплей, алгоритмы расчетов и программное обеспечение. Аппаратура внутрореакторного контроля имеет компактную структуру классической системы сканирующего типа с однородными типами детекторов. Метрологической особенностью системы являются массовые прецизионные упорядоченные однотипные измерения в условиях влияния мощных общепромышленных помех и шумов нормального вида. Для выполнения необходимых расчетов система принимает также сигналы высокого уровня от различных датчиков оборудования реактора.

Аппаратура контроля нейтронного потока и система управления и защиты АКНП предназначены для непрерывного измерения общего нейтронного потока. В случае превышения заранее установленных нейтронного потока или скорости его изменения система вырабатывает сигналы аварийной остановки реактора или ограничения его мощности. Выходной непрерывный сигнал аппаратуры служит исходным для автоматического регулятора мощности. Одновременно с нейтронным потоком измеря-



Фрагмент аппаратуры систем управления и защиты реакторных установок атомных электростанций

ют величину, обратно пропорциональная скорости его изменения (время разгона реактора). На основании этих измерений можно прогнозировать изменение мощности реактора с учетом физических параметров активной зоны.

Система контроля герметичности оболочек твэлов КГО предназначена для обнаружения нарушения герметичности оболочек твэлов на ранних стадиях детектированием в теплоносителе нейтронных или γ -излучений, характерных для короткоживущих продуктов деления. Функция системы двойственна — технологический контроль элементов конструкции активной зоны служит одновременно контролем первого барьера радиационной безопасности, так как утечка продуктов деления в теплоноситель может быть источником дальнейшего распространения радионуклидов.

Если у какого-либо твэла появляется, например, трещина, то через нее начинается утечка радиоактивных веществ, попадающих в теплоноситель. Этот факт фиксирует система КГО, более того, она устанавливает местоположение дефектного твэла и размеры повреждения. При загрязнении теплоносителя возникает опасность, что и он может стать источником дальнейшего распространения радиоактивности. Для предупреждения этого, принятия необходимых мер и оценки степени опасности на АЭС существует система контроля радиационной безопасности АКРБ. Она контролирует герметичность трубопроводов, теплообменников, парогенераторов и другого технологического оборудования, в которое могут попасть радионуклиды. АКРБ дает информацию об изменении ра-

диационной обстановки на любом участке станции, контролирует дозы облучения, получаемые персоналом станции, контролирует радиоактивные сбросы и выбросы.

Система состоит, как правило, из автоматизированной многоканальной стационарной части и набора переносной аппаратуры и средств индивидуального дозиметрического контроля. Стационарная аппаратура системы обеспечивает сбор, обработку и хранение информации радиационного контроля, технологических контуров и оборудования АЭС, ее помещений и вентиляционных систем, контроль активности выбросов в атмосферу и сбросов в водную среду, контроль территории и периметра станции, включая проходные и выездные пути. С помощью переносной аппаратуры проводят локальный инспекционный контроль, средства индивидуальной дозиметрии обеспечивают контроль и учет дозовых нагрузок персонала станции.

Автоматизированные системы контроля окружающей среды АСКРО предназначены для контроля радиоактивности воздуха, почвы, воды, растительности непосредственно вблизи территории АЭС и за ее распространением на большие расстояния. Системы построены аналогично КРБ, но для обработки данных используют также метеорологические измерения (направление и скорость ветра и т.п.) и другие сведения, необходимые для осуществления производственного мониторинга.

В целом комплекс специальной аппаратуры для АЭС обеспечивает контроль всех важнейших агрегатов атомной производительной установки по физическим параметрам и контроль радиационной и ядерной безопасности. В зависимости от типа реактора комплекс контролирует от 1500 (для ВВЭР) до 2500 (для РБМК) точек. Аппаратурой, входящей в состав этого комплекса, было оснащено большинство блоков отечественных и построенных СССР за рубежом АЭС, в том числе «Ловииза», «Норд», «Козлодуй», «Вакш» и др.

АППАРАТУРА ДЛЯ СУДОВ С ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

Для обеспечения управления и безопасности ядерных энергетических установок (ЯЭУ), применяемых на различных передвижных объектах — атомных ледоколах, контейнеровозах,



Технические средства корабельных систем радиационного контроля атомных ледоколов, контейнеровозов, лихтеровозов и т. п.

лило сократить вахтенную службу, уменьшить затраты на эксплуатацию и улучшить условия труда и отдыха экипажа.

Подобными системами оснащены многие отечественные атомные корабли, в том числе атомный ледокол «Россия», лихтеровоз «Севморпуть» и другие.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Решение проблем дозиметрического и радиометрического контроля, экологии и охраны окружающей среды имеет особое значение для дальнейшего успешного использования ядерной энергии, так как многие объекты сооружаются в европейской части страны с высокой плотностью населения. Кроме того, ядерную энергетику планируется использовать для теплофикации крупных городов. Следовательно, наряду со специализированными средствами обеспечения радиационной безопасности, которые используют на различных предприятиях ядерной промышленности и АЭС, необходимо иметь систему технических средств и методов, способных обеспечить радиозоологическую безопасность и охрану окружающей среды от возможных нежелательных влияний и последствий на больших территориях.

Сложность этой задачи в том, что необходимы методы и аппаратура с предельно высокой чувствительностью, позволяющая обнаруживать слабые следы радиоактивных веществ и следить за их миграцией в воздушном и водных бассейнах, в почве и растительности, сельскохозяйственных продуктах.

В настоящее время накоплен большой опыт по организации и приборному оснащению службы охраны внешней среды от радиоактивных загрязнений.

В основе этого опыта лежат в первую очередь достижения ядерного приборостроения в оснащении предприятий ядерной промышленности и энергетики дозиметрическими и радиометрическими приборами, обеспечивающими контроль безопасности на всех стадиях добычи, переработки, получения и использования радиоактивных веществ.

Разработаны и серийно освоены линейка дозиметрических приборов, приборы для измерения в широком диапазоне мощности экспозиционной дозы непрерывного и импульс-

подводных лодках, крейсерах, используют аппаратуру, выполняющую в основном функции, аналогичные функциям систем для АЭС.

Однако в связи со спецификой эксплуатации и компоновки ЯЭУ к ним предъявляют более жесткие требования по ремонтпригодности, массо-габаритным характеристикам, простоте обслуживания, устойчивости при воздействии ударов, вибраций, других дестабилизирующих факторов.

На первых судах с ЯЭУ радиационно-технологический контроль производили с помощью набора стационарных и переносных приборов. Второе поколение судов, в том числе ледоколы «Ленин», «Арктика», «Сибирь» и др., комплектовали уже централизованными многоточечными системами радиационного контроля. Современные системы контролируют не только радиационные параметры, но и состав воздуха, температуру и другие факторы обитаемости, оценивают состояние теплоносителя и целостности герметичности оболочек твэлов, герметичность парогенераторов, теплообменников и другого оборудования, контролируют выбросы газов и аэрозолей, сбросы воды и т.п.

Системы позволяют с помощью ЭВМ создавать модификации, оптимальные для каждого проекта судна и, естественно, дополняются некоторыми переносными и индивидуальными приборами.

Введение в систему вычислительной техники, автоматики и современных средств представления обработанной информации позво-



Переносной радиометр-дозиметр МКС-05Н («Инспектор»), предназначенный для измерения мощности эквивалентной дозы внешнего γ -излучения, плотности потока β -частиц от загрязненности поверхности, а также удельной (объемной) активности β -излучающих нуклидов в пробах



Переносной радиометр СРП-88НМ, предназначенный для поиска месторождений радиоактивных руд, использования на загрязненных территориях для контроля радиационного фона и определения прижизненного содержания цезия в животных для предотвращения выпуска загрязненных продуктов на мясокомбинатах

ного рентгеновского и γ -излучений. Создана универсальная аппаратура для измерения α -активных газов, включающая единый измерительный пульт и набор специализированных устройств для отбора, подготовки и измерения проб воздуха и воды в диапазоне, перекрывающем 7 порядков; комплекс радиометров для экспрессных измерений удельной объемной массовой β -активности проб объектов внешней среды (воды, почвы, растительности, пищевых продуктов) в диапазоне 7—8 порядков, а также для непрерывного контроля поступлений β -активных изотопов во внешнюю среду. Разработаны линейки прямопоказывающих зарядных дозиметров карандашного типа и термолюминесцентных дозиметров.

Высокая чувствительность отдельных составных частей этих комплексов позволяет успешно применять их не только для контроля радиационной обстановки на предприятиях, но и для контроля состояния внешней среды.

Наряду с переносными и стационарными приборами расширяется использование единых централизованных систем сбора, накопления и обработки данных от нескольких десятков и сотен детекторов, расположенных в различных точках территории. Это позволяет получать более полную картину обстановки на значительной территории, более оперативно и обоснованно (с помощью машинной обработ-

ки) принимать решения о необходимости тех или иных мер по предотвращению загрязнения пространства, окружающего предприятие. При контроле территорий стали применять также многоканальные системы с бескабельной радиосвязью между измерительным пультом и датчиками.

В системы дозиметрического и радиометрического контроля все чаще стали вводить ветви, обеспечивающие контроль состояния технического оборудования, служащего основным источником загрязнения рабочих помещений окружающей среды. Это дает возможность заблаговременно прогнозировать и предотвращать ухудшение радиационной обстановки. Другими словами, с помощью аппаратуры не только контролируют, но и обеспечивают нормальные безопасные условия работы персонала, а также резко снижают вероятность загрязнения окружающей среды.

Более глубокому пониманию этих проблем способствовала работа по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

На основе опыта, полученного специалистами СНИИП были созданы и внедрены в практику приборы нового класса для измерения



Индивидуальные и бытовые дозиметры: прямопоказывающие («Эксперт», ДКГ-01И, ДК-02, «Юпитер», «Белла», RSM-101, ИРД-02Б); сигнальные («Щелкунчик», «Сверчок-1», «Сверчок-2», RM-121), термолюминесцентные (кассеты приборов КИД-7, ДПГ-02, ДПГ-03, ДПС-11, КДТ-02 и др.)

ионизирующего излучения — бытовые дозиметрические приборы, которые позволили населению самостоятельно контролировать радиоактивное загрязнение продуктов питания и среду своего обитания. Одновременно были разработаны технические средства, на базе которых стали развертываться автоматизированные системы контроля радиационной обстановки с выводом текущей информации на специальное табло коллективного пользования (в том числе на территории Москвы и Московской обл.).

Наряду с этим специалисты пришли к пониманию необходимости создания единых глобальных территориальных систем радиационной и экологической безопасности. С учетом разработанной концепции проектирования подобных систем в стране начали создавать и вводить в эксплуатацию локальные территориальные подсистемы радиационного контроля, например в Москве, Северо-Западном регионе России, вокруг АЭС и т. п., которые в будущем должны войти в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки в стране (ЕГАСКРО).

В более общем случае объектами радиационного мониторинга должны быть:

потенциальные источники радиоактивного загрязнения (в первую очередь радиационно-опасные и радиационно-чувствительные предприятия);

объекты среды обитания человека (как объекты окружающей среды, так и жилища насе-

ления, сельскохозяйственная и животноводческая продукция, пища, вода, воздух и т. п.);

сам человек (определение доз от внешнего облучения, контроль поступления в организм радиоактивных веществ и расчет суммарных дозовых нагрузок, являющихся интегральной оценкой качества среды обитания по радиационному фактору).

Вместе с тем полнота решения всех задач мониторинга должна обеспечиваться в соответствии с законом РФ «Об охране окружающей среды» совокупностью одновременного функционирования в рамках единой системы трех комплексов:

производственного (объектового) мониторинга;

государственного мониторинга;
общественного мониторинга.

Подсистемы производственного (объектового) мониторинга должны функционировать на всех радиационно-опасных и радиационно-чувствительных объектах, расположенных на контролируемой территории. Эти подсистемы должны быть ориентированы на контроль входной и выходной продукции, безопасности технологических процессов и оборудования, радиационной безопасности производственных помещений и персонала, санитарно-защитной зоны и прилегающих территорий.

Подсистема государственного мониторинга, осуществляемого государственными контрольными органами и ведомствами и их специализированными контрольными центрами и лабораториями, должна обеспечивать надзор и контроль за деятельностью радиационно-опасных и радиационно-чувствительных предприятий, состоянием радиационной обстановки на контролируемой территории в целом, качеством пищевых продуктов и питьевой воды, воздушной среды и т. п., а также за дозовыми нагрузками населения.

Подсистема общественного мониторинга, выполняемого самим населением или его различными общественными объединениями, может быть направлена в первую очередь на выявление небольших по размеру локальных загрязнений в результате самодельного обследования мест проживания и землепользования, контроля пищевой продукции, кормов, удобрений, предметов быта в личных хозяйствах и т. п.

Структура комплекса технических средств

конкретной системы радиационного мониторинга формируется на основе набора измерительных задач и с учетом специфики территории (наличия и числа радиационно-опасных предприятий). В общем случае она включает:

приборы и системы обеспечения радиационной безопасности радиационно-опасных предприятий;

посты непрерывного автоматического радиационного контроля в населенных пунктах и на местности;

посты контроля и предотвращения распространения загрязнения после аварии;

передвижные (наземные, водные, воздушные) посты и лаборатории радиэкологического контроля;

портативные приборы для инспекционного и оперативного контроля радиационной обстановки;

технические средства для контроля продукции растениеводства и животноводства, пищи, пищевых продуктов, проб воздуха, воды и земли, строительных материалов и т. п.;

индивидуальные дозиметры;

счетчики излучения человека;

бытовые дозиметрические и радиометрические приборы;

технические средства сбора, обработки и анализа измерительной информации;

средства коммутации и связи.

Реализуя эти принципы, НИЦ «СНИИП» создал и поставляет аппаратные комплексы, которые могут служить основой измерительно-информационного обеспечения территориальных систем контроля и управления качеством среды обитания.

Таким образом, именно ядерное приборостроение стало родоначальником глобальных территориальных приборных систем экологического мониторинга, позволяющего гибко изменять и наращивать объем выполняемых функций и измерительных задач в зависимости от конкретной ситуации в данном регионе.

В связи с тем, что имеется принципиальная возможность применения ядерно-физических методов и приборов для решения многих задач общего контроля загрязнения внешней среды с использованием отдельных узлов и блоков приборов, обладающих широкими функциональными возможностями, можно констатировать, что именно ядерное приборостроение в наибольшей степени приблизилось к тем

требованиям, которые предъявляются к организации комплексного экологического контроля состояния внешней среды.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

При решении многих научно-технических проблем возникает необходимость определения состава, структуры и свойств веществ и материалов, невозможного без помощи ядерных аналитических приборов.

Анализ содержания таких веществ, как уран, торий, радий требуется при поиске, разведке и разработке радиоактивных минералов. Здесь приборы пришли на смену длительным, дорогим, а иногда и неэффективным химическим и радиохимическим методам исследований. На основе различий, имеющихся в схемах распадов урана, тория и радия и в энергетических спектрах испускаемых ими излучений, был создан ряд приборов, позволяющих быстро и точно определять содержание этих элементов в пробах.

Однако анализом радиоактивных веществ круг решаемых задач не ограничивается. Различие взаимодействия ионизирующих излучений с веществом (в зависимости от элементного состава вещества) и свойство атомов вещества под действием излучения испускать собственное излучение с характерной для каждого элемента энергией позволили создать приборы для анализа содержания в пробах многих элементов.

Ведущее положение среди этих ядерно-физических методов занимает активационный анализ, основанный на образовании в пробе радиоактивных элементов в результате ядерных реакций, происходящих при ее облучении потоком элементарных частиц. Наведенная активность пропорциональна числу ядер в пробе, на которых идет реакция, поэтому, предполагая неизменным изотопный состав веществ, по измерению активности можно рассчитать содержание данного элемента в пробе.

Большое достоинство этого метода — высокая чувствительность, экспрессность и возможность подвергать неразрушающему анализу представительные по массе образцы веществ в различном агрегатном состоянии. Эти качества позволили активационному анализу превратиться из лабораторного ядерно-физического метода в метод, используемый в различных об-

ластях науки и народного хозяйства: металлургии, геологии, геохимии, медицине и т. п.

Для измерения и идентификации наведенной активности были созданы комплексы измерительной аппаратуры, состоящие из спектрометрической многоканальной аппаратуры для определения энергетически спектров γ - и β -излучения, периодов полураспада радиоизотопов, приборов для выделения испускаемых при радиоактивном распаде каскадных γ -квантов и β -частиц регистрацией γ - γ -совпадений. Использование многоканальных анализаторов, обычно входящих в состав измерительной аппаратуры для активационного анализа в амплитудно-временном и временном режимах, позволило применить их также для анализа γ -излучения радиационного захвата и неупругого рассеяния нейтронов. При конструировании этой аппаратуры большое внимание уделяется высокой степени автоматизации процесса измерения для повышения экспрессности и производительности анализов, что особенно важно при промышленном использовании активационного анализа.

Одна из отличительных черт современного приборостроения — стремление использовать новые научные достижения. Характерный пример — создание приборов для определения содержания оксидного олова в порошковых пробах, основанных на эффекте Мёссбауэра (резонансного рассеяния и поглощения γ -излучения) на ядрах олова. По смещению резонансной линии или по ее расщеплению судят о виде химического соединения, а по интенсивности линий — о его содержании. Применение подобных приборов, обладающих высокой чувствительностью и обеспечивающих экспрессность измерений, позволяет заменить трудоемкий химический анализ, ускоряет работы при поиске, разведке и переработке оловянных руд и дает большой экономический эффект.

ПРИБОРЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Различные приборы для измерений ионизирующих излучений широко используют в научных исследованиях и, конечно, в первую очередь в области ядерной физики. При исследованиях важнейшую роль играют возможности аппаратуры. Часто лишь наличие соответствующих приборов определяет реальность

проведения того или иного эксперимента, поэтому выполнение основных составных частей аппаратуры должно позволить быстро компоновать необходимые измерительные установки и системы. Это определило основную тенденцию в построении измерительных устройств — блочность.

К преимуществам этой тенденции следует отнести гибкость измерительно-информационных возможностей приборов и систем; возможность расширения информативности прибора при незначительном повышении его стоимости; возможность компоновки большого количества модификаций приборов по принципу его измерительно-информационных характеристик при ограниченной номенклатуре блоков; возможность быстрой замены отказавших блоков, что существенно сокращает время простоя аппаратуры; более строгую специализацию разработчиков, обуславливающую высокое качество составных частей (блоков) прибора и т. п.

На начальных этапах развития ядерного приборостроения при разработке аппаратуры основное внимание уделялось лишь механической сопрягаемости отдельных блоков и устройств и их электрической совместимости, что характерно для серийно выпускаемых наборов блоков «Б», «М», «Т».

Увеличение плотности потоков информации и повышение быстродействия аппаратуры потребовали автоматизации ее работы, сопряжения других параметров аппаратуры, т. е. стандартизованности не только механических конструкций и электрических параметров, но и логики взаимодействия между собой отдельных блоков. Так, система блоков «Вектор» была построена по нормам широко известной системы САМАС, именно с таким подходом она и была создана.

Основа подобных систем — канал передачи данных, который является иерархическим, древовидным. Он включает несколько видов каналов применительно к основным конструктивным элементам систем — каркасу, стойке, комплексу из стоек, так как именно эти конструктивные единицы определяют длину линии связи. Большое удобство при работе с этими системами заключается в независимости их функционирования от конкретного типа используемой ЭВМ, поскольку эта связь

определяется лишь одним блоком связи (так называемым интерфейсным) с ЭВМ.

Следует отметить, что разработка системы программно-управляемых блоков позволила автоматизировать не только проведение эксперимента, но и сам процесс изготовления блоков на этапе их настройки и проверки работоспособности.

В системе «Вектор» было разработано более 100 разновидностей блоков с различными измерительными и логическими характеристиками: линейки усилителей, различных видов преобразователей, регистров и счетчиков, устройств накопления и обработки информации, ввода—вывода информации и т. п. Блоки выполняли на шасси стандартных размеров, для их компоновки использовали стандартные каркасы и стойки. Таким образом, значительную часть необходимой аппаратуры, в том числе и достаточно специфичной, включая многоканальные и многомерные анализаторы, экспериментаторы собирали из стандартных блоков, затрачивая минимум времени и средств.

Приборы и системы для измерения ионизирующих излучений широко используют в других областях современной науки, например, в космических исследованиях. Разнообразные задачи, поставленные исследователями космического пространства, потребовали от создателей приборов поиска новых технических решений. Предельно малые масса и потребляемая мощность, широкий диапазон величин, которые приходится измерять (вдобавок часто непрогнозируемый), необходимость обеспечения избирательности к определенному виду излучений и не критичности к интенсивному ультрафиолетовому излучению Солнца, широкий диапазон измеряемых энергии частиц, простирающийся от единиц электронвольт до 10 МэВ, — все это потребовало создания нового направления ядерного приборостроения — разработки приборов для космического исследования.

На искусственных спутниках Земли (ИСЗ) и космических станциях, направленных к Луне, Венере, Марсу большой удельный вес среди научной аппаратуры занимали приборы для измерения ионизирующих излучений. Крупнейший научный результат, полученный с помощью ИСЗ, — открытие околоземных поясов радиации. Наличие зон с повышенной радиацией бы-

ло установлено с помощью радиометрических приборов; эти же приборы широко используют и сейчас для исследований, позволяющих установить процесс образования радиационных зон, их связь с магнитным полем Земли и космическими излучениями. Измерения на спутниках и межпланетных станциях дали возможность установить состав и плотность потока первичных космических лучей вне атмосферы и магнитного поля Земли, определить природу и плотность межпланетного протонно-электронного газа, потоков заряженных частиц, испускаемых Солнцем и звездами. Много ценных сведений получено с помощью приборов, измеряющих концентрацию заряженных частиц — электронов и протонов в ионосфере. Наконец, с помощью приборов для измерения ионизирующих излучений были исследованы поверхность Луны, Венеры, Марса.

Изучение состава межпланетной среды и изменений ее структуры, выполняемое с помощью приборов для измерения различных компонентов ионизирующего излучения, имеет большую практическую и научную ценность. Например, при полетах людей в космос нельзя не учитывать радиацию, и защита от нее становится одной из важнейших проблем космонавтики. Современные ядерно-физические приборы, устанавливаемые на ИСЗ, позволили уловить сигналы от звезд в области рентгеновского излучения, что обусловило появление новой перспективной области астрономии — рентгеновской астрономии.

Приборы для измерения ионизирующего излучения все шире используются и в биологии. Их применение в большей степени связано с методом меченых атомов, позволяющим быстро и точно измерить характеристики жизнедеятельности организма без нарушения его функций. Для предельного уменьшения возмущающего действия ионизирующего излучения на организм исследователи стремятся вводить изотопы минимально необходимой активности, что требует создания специальной аппаратуры, обладающей высокой чувствительностью.

Большую роль играют измерительные приборы и в таких важных исследованиях, как осуществление управляемого термоядерного синтеза. Для успешного решения стоящих перед физиками проблем необходима аппаратура, позволяющая проводить комплексные диагностические исследования высокотемпера-

турной плазмы. В термоядерных установках значительная часть энергии, выделяющейся в плазменном шнуре, испускается в виде различных излучений. Поэтому исследования плазмы по рентгеновскому и нейтронному излучениям, получение информации на расстоянии без введения в камеры каких-либо дополнительных элементов, становятся особенно перспективными.

Ядерные методы обладают и другими достоинствами, которые делают их незаменимыми при экспериментах с высокотемпературной плазмой. Так, измерение рентгеновского излучения плазмы позволяет судить об ее устойчивости, о влиянии электронов на протекание разряда, распределении силовых линий магнитного поля и об электронной температуре плазмы. Еще большее значение будут иметь измерения плотности потока и энергетических спектров нейтронов. Наиболее важный для физиков параметр плазмы — ее температура. Различные использовавшиеся ранее методы измерения температуры неприемлемы для величин в миллион градусов и выше. Данные о таких температурах дает измерение нейтронного излучения. Эмиссия нейтронов, образующихся в термоядерных реакциях, позволяет судить не только об ионной температуре и интенсивности ядерных реакции, проходящих в камере, но и об ускорительных процессах, которые часто наблюдаются при протекании разрядов. Изменение температуры плазмы (в районе 10 К) на порядок приводит к изменению выхода нейтронов на несколько порядков, поэтому есть возможность по плотности потока с высокой степенью точности судить об ионной температуре плазмы. В то же время это накладывает дополнительные требования на временное разрешение измерительной аппаратуры, возможность быстрого изменения ее чувствительности. Созданные образцы аппаратуры на основе газовых сцинтилляционных счетчиков, наполненных смесью гелия-3 с ксеноном, позволили успешно решить и эту измерительную задачу.

МЕТРОЛОГИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Для обеспечения точности, достоверности и единства измерений необходима соответствующая метрологическая база: набор величин, характеризующих исследуемые объекты и эф-

фекты, единицы и методы их измерения, эталоны и образцовые средства измерения, методы передачи размеров единиц и т.п., что фактически соответствует научно-методической базе любой отрасли измерительной техники.

За прошедшие годы трудами ученых ВНИИ-метрологии, ВНИИФТРИ, СНИИП, Института биофизики МЗ СССР, Радиового института им. В.Г. Хлопина, ИАЭ им. И.В. Курчатова и других в рамках международного сотрудничества были успешно разработаны научные, технические и методические основы метрологии ионизирующих излучений и в настоящее время Россия обладает одной из лучших систем метрологического обеспечения измерения ионизирующих излучений.

Созданные центры метрологии ионизирующих излучений во ВНИИМ, ВНИИФТРИ и СНИИП обеспечивают потребности страны, являясь базой ядерного приборостроения, достоверных и сопоставимых измерений любых величин, характеризующих ионизирующие излучения, их источники и поля, эффекты взаимодействия.

СИСТЕМНЫЙ И КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ЯДЕРНОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Очень важная и характерная особенность исторического процесса развития ядерного приборостроения в стране — последовательное применение научно-техническим руководством НИЦ «СНИИП» принципов системного и комплексного подхода к решению основных проблем, постоянно возникавших в процессе становления этой новой отрасли приборостроения.

Выполняя основную задачу по созданию новой измерительной техники и оснащению ею обороны и народного хозяйства страны, в то же время НИЦ «СНИИП» уделял особое внимание формированию новых научных и производственных центров по проведению научных исследований, опытно-конструкторских разработок и промышленному освоению специальной элементной базы ядерного приборостроения. Под научно-техническим и организационным руководством НИЦ «СНИИП» были развернуты работы по созданию различных газоразрядных детекторов, ионизационных камер, различных сцинтилляционных материалов, неорганических и пластмассовых сцин-

тилляторов, термолюминесцентных детекторов, специальных фотоумножителей, полупроводниковых детекторов. В результате была создана развитая инфраструктура ядерного приборостроения, включавшая многие коллективы различных ведомств и Академии наук страны и обеспечивавшая потребности в современных детекторах ионизирующих излучений не только самого НИЦ «СНИИП», но и широкого круга конечных потребителей технических средств ядерного приборостроения в различных отраслях народного хозяйства и науки.

Наряду с этим в НИЦ «СНИИП» постоянно разрабатывались и серийно осваивались не только функционально законченные приборы, предназначенные для решения конкретных измерительных задач, но и агрегатные технические средства — в первую очередь специальные линейки блоков детектирования и электронные устройства обработки электрических сигналов, поступающих с блоков детектирования, используя которые потребители аппаратуры могли самостоятельно строить собственные, приспособленные к специфике производства или физического эксперимента измерительные системы и приборы. Такой подход существенно расширял круг потребителей изделий ядерного приборостроения, повышал эффективность использования находившегося в эксплуатации парка аппаратуры.

Другое важное направление деятельности НИЦ «СНИИП» по решению общесистемных проблем приборостроения — работы по созданию унифицированных систем конструктивов для построения различных измерительных приборов и систем. Широкую известность приобрели системы конструктивов «Вишня», «Черешня», «Рябина», активно использовавшиеся различными приборостроительными предприятиями страны. Важно отметить, что данные системы конструктивов дополнялись специально созданными для них и серийно освоенными наборами блоков электрического питания, что давало возможность многим предприятиям страны создавать в сжатые сроки новые виды измерительной техники и электронные средства автоматизации,

В последние годы в НИЦ «СНИИП» был создан ряд программируемых контроллеров, которые являясь проектно-компоновым комплексом технических и программных средств с широкой номенклатурой модулей ввода—вывода,

специальных функциональных модулей и сервисного оборудования, представляют возможность пользователям осуществлять проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) для различных видов промышленных производств.

Необходимо отметить, что прогрессивность технических решений в области ядерного приборостроения и общего приборостроения во многом определялась многолетним опытом участия специалистов НИЦ «СНИИП» в работе Международной электротехнической комиссии, где НИЦ «СНИИП» ведет по поручению правительственных органов секретариат Технического комитета МЭК 45 «Ядерное приборостроение». На основе учета требований международных стандартов были разработаны и внедрены в практику научно-технические и организационно-технические основы проектирования изделий ядерного приборостроения, сформулированные в виде системы стандартов, обеспечивающих прогрессивность разрабатываемой аппаратуры и устанавливающих терминологию, классификацию, основные технические требования, параметры, методы испытаний и градуировки, а также порядок и организацию проведения исследований и разработок.

И, наконец, нельзя не упомянуть об активном участии специалистов НИЦ «СНИИП» в решении таких важнейших общесистемных проблем, как выработка идеологии развития промышленной базы ядерного приборостроения в отрасли и проектирование технологических схем специализированных серийных заводов, которые были построены и введены в эксплуатацию в 70-е годы.

Последовательность в применении принципов системного и комплексного подхода, в том числе и в организационных вопросах, основанного на детальном анализе ситуации, обусловленной внедрением в России элементов рыночной экономики, имеющегося зарубежного опыта, увеличения конкуренции привела к необходимости кардинального изменения структуры НИЦ «СНИИП» и преобразованию его в диверсифицированную компанию холдингового типа, объединяющую и контролирующую деятельность нескольких десятков предприятий и фирм.

Сегодня НИЦ «СНИИП» вместе со своими дочерними и ассоциированными предприя-

ями занимает лидирующие позиции в стране в области создания:

приборов и систем для контроля и измерения ионизирующих излучений на любых радиационно-опасных и радиационно-чувствительных предприятиях и объектах;

автоматизированных систем контроля и управления для установок, которые могут представлять ядерную и радиационную опасность; дозиметрической аппаратуры;

технических средств массового радиационного контроля продуктов питания, воды, а также других объектов среды обитания человека;

приборов и систем контроля за несанкционированным хранением и перемещением радиоактивных и ядерных материалов;

аппаратуры радиационного и экологического мониторинга окружающей среды;

приборов для космических исследований;

автоматизированных систем управления технологическими процессами различных производств;

медицинских приборов, включая радиодиагностические приборы и установки;

приборных средств повышения комфортности и безопасности жилых, офисных и производственных помещений.

Несмотря на серьезные трудности, вызванные общими экономическими проблемами в стране, коллектив НИЦ «СНИИП» стремится сохранить традиции и опыт создания высококачественной аппаратуры, которые формировались десятилетиями при активном участии многих сотен высококвалифицированных специалистов, создавших свыше двух тысяч типов различных приборов и систем, специальных электронных блоков и устройств. В этом кратком историческом обзоре невозможно упомянуть всех, кто внес вклад в развитие ядерного приборостроения в стране. Перечислим лишь тех, кто в разные годы возглавлял научно-исследовательские структурные подразделения и предприятия НИЦ «СНИИП», осуществляя руководство развитием отдельных направлений ядерного приборостроения:

Л.В. Артеменкова, И.В. Батенин, А.Ф. Белов, В.И. Бурьян, Г.С. Веялис, В.И. Глаголев, Л.С. Горн, М.Н. Голованов, В.Г. Гулый, В.В. Гушин, Б.Г. Егиазаров, В.С. Жернов, М.Л. Каган, И.П. Карпинский, А.Н. Климов, Л.Н. Крылов, С.С. Курочкин, Ю.В. Лопатин, К.П. Марков, И.В. Махновский, Б.В. Неми-



А.Ф. Белов,
доктор технических наук,
профессор, заслуженный
изобретатель РСФСР,
лауреат премии СМ СССР



В.С. Жернов,
кандидат технических
наук, лауреат Государственной
премии СССР,
премии СМ СССР, почетный
радиотехник СССР, заслуженный
конструктор РФ



Б.И. Хазанов,
доктор технических наук,
профессор, заслуженный
конструктор РФ

ровский, А.М. Николаев, Ю.А. Новоселов, Б.В. Поленов, В.И. Поликарпов, М.Н. Пчельников, М.Л. Райхман, Н.В. Рыжов, Н.В. Рябов, Ю.П. Сельдяков, Л.Г. Титов, С.Н. Федорченко, Б.И. Хазанов, С.Б. Чебышов, В.А. Чижов, Б.С. Шаталин, Д.П. Ширшов, В.Н. Юдин.

Таким образом, за прошедшие годы ядерное приборостроение сформировалось в самостоятельную отрасль измерительной техники и промышленности, имеющую свою теорию, метрологию и терминологию, технические средства, методы проектирования и организации, занимающиеся дальнейшим его развитием, промышленным выпуском разрабатываемых изделий.

Вклад отечественного ядерного приборостроения в развитие атомной промышленности и энергетики, в космические и другие научные исследования, в народное хозяйство страны известны и получили широкое признание.

Системный подход к проектированию аппаратуры дал соответствующие плоды — отечественная аппаратура с начала 80-х годов по своим измерительным параметрам и функциям, надежности, устойчивости к воздействию внешних факторов не уступала, а чаще превышала зарубежные аналоги.

Подтверждением этому являются многолетняя эксплуатация аппаратуры в армии, на флоте, на АЭС в СССР и за рубежом, при космических исследованиях, плодотворная совместная работа с иностранными специалистами по созданию международных стандартов в Международной электротехнической комиссии и т. п.

В этой связи хотелось бы отметить очень вредную существующую у нас в стране тенденцию принижать, недооценивать отечественные достижения, часто необоснованно преклоняться перед любой иностранной техникой и изделиями.

Часто по внешнему виду, а иногда по массогабаритным характеристикам и сервисным возможностям зарубежные приборы выглядят предпочтительнее. Но как только разработчикам аппаратуры представляется возможность использовать высококачественные зарубежные комплектующие изделия и материалы, продукция отечественного ядерного приборостроения все чаще и чаще становится по всем статьям конкурентоспособной по сравнению с зарубежными аналогами.

Нужно как можно быстрее излечиваться от синдрома предвзятости и необъективности в оценках отечественной техники, так как он приносил и сейчас приносит большой, а часто непоправимый вред развитию отечественной техники и соответственно экономики.

Распад СССР, переход к рыночной экономике многое изменили в потребностях страны, в условиях развития атомной науки и техники, так как основным источником постоянной загрузки, финансирования и возможности для системного развития ядерного приборостроения являлись государственные программы СССР, активное участие в выполнении которых принимали организации-заказчики и предприятия подотрасли.

Разоружение, резкое сокращение оборонных заказов, затрат на космические исследования, строительство атомных электростанций и кораблей существенно изменили и уменьшили

потребности страны в изделиях ядерного приборостроения, создали финансовые проблемы дальнейшего развития и деятельности предприятий подотрасли. В сложившихся экономических условиях, чтобы выжить, предприятия наряду с конверсией вынуждены развернуть работы по диверсификации, а в некоторых случаях и перепрофилированию своей деятельности, некоторые заводы ядерного приборостроения оказались за границей России, в странах СНГ.

Подобная структурная перестройка проходит, конечно, очень болезненно, с сокращением численности сотрудников, с торможением развития, а иногда и с прекращением деятельности и распадом сложившихся коллективов.

Наряду с этим, рыночная экономика заставила многое пересмотреть, рационализировать структуру и организацию работ, избавиться от пустой и бесперспективной деятельности, повысить производительность труда, оптимизировать численность и состав сотрудников. На большинстве предприятий подотрасли эти процессы уже закончились или заканчиваются, и многие из них уже могут нормально функционировать в условиях рыночной экономики. Выход экономики страны из кризиса, решение проблемы взаимных неплатежей создадут новые условия для дальнейшего развития отечественного ядерного приборостроения и приборостроения для атомной промышленности.

Для этого существуют объективные предпосылки и объективная экономическая и социальная потребность. Широкое использование технических и программных средств ядерного приборостроения во многих отраслях промышленности, науки и техники в целях своевременного получения и эффективного использования достоверной информации в национальном и международном масштабах позволяет сделать вывод о том, что указанные выше средства стали базой для широко внедрившихся в практику ядерных измерительно-информационных технологий, которые в последнее десятилетие развивались особенно интенсивно. В первую очередь этому способствовала реакция международных правительственных и неправительственных организаций, международной и отечественной научной общественности на последствия аварии на ЧАЭС, приведшей к расширению работ по созданию новых приборных систем повышения безопасности АЭС и развертыва-

нию территориальных систем радиационного мониторинга. Кроме того, в последнее время усилилось внимание и к проблеме организации контроля нераспространения ядерных материалов, предотвращения возможных актов ядерного и радиационного терроризма.

В результате ядерные измерительно-информационные технологии стали неотъемлемой составной частью критических технологий федерального уровня, утвержденных правительством России:

- мониторинга природно-техногенной среды;
- обеспечения безопасности продукции, производств и объектов (по приоритетному направлению «Экология и рациональное природопользование»);

- изучения недр, прогнозирования, поиска, разведки запасов полезных ископаемых и урана;

- ядерной энергетики;
- регенерации отработавшего ядерного топлива, утилизации и захоронения радиоактивных отходов (по приоритетному направлению «Топливо и энергетика»).

Особую важность ядерные измерительно-информационные технологии приобрели после принятия Законов РФ «Об использовании атомной энергии», «О радиационной безопасности населения», ужесточивших требования к безопасности ядерных объектов, а также постановления правительства РФ о создании Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки в стране (ЕГАСКРО) на основе усовершенствованных базовых средств измерения ионизирующих излучений и современного метрологического обеспечения.

Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации (ВНИИТФА)

А.С. Штань, В.П. Варварица, Е.К. Малышев, Г.И. Кирьянов, Е.Р. Карташев

Применение искусственных радиоактивных нуклидов и других источников ионизирующих излучений в различных отраслях промышленности, медицине и сельском хозяйстве в наши дни стало обычным и широко распространенным явлением. Это стало возможным лишь благодаря развитию исследований в области ядерной физики, ускорительной техники, крупномасштабному производству радиоактивных нуклидов, развитию приборостроения и вычислительной техники. Перечисленные факторы обусловили возникновение самостоятельного направления ядерной науки и техники — радиационной техники.

Радиационная техника представляет собой комплекс ядерно-физических методов и радиационных устройств, основанных на использовании эффектов взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и предназначенных для воздействия на материалы и вещества в целях получения новых или изменения существующих свойств материалов, осуществления лучевой терапии различных заболеваний человека, получения информации о качественных и количественных параметрах состава и свойств материалов и изделий, контроля и управления технологическими процессами, а также преобразования энергии, выделяющейся в результате радиоактивного распада, в другие виды энергии.

К настоящему времени определились три основные составляющие радиационной техники: радиационное аппаратостроение, радиационное приборостроение и радионуклидная энергетика.

Задача радиационного аппаратостроения — создание устройств, с помощью которых обеспечивается реализация методов, основанных на химических, структурных или биологических изменениях, происходящих в веществе под воздействием определенной поглощенной дозы ионизирующего излучения.

Радиационное приборостроение охватывает

методы и аппаратуру, предназначенные для получения информации K о параметрах состояния, качества или состава веществ или изделий, функционально связанной с потоком ионизирующего излучения

$$K = f''(j).$$

Радионуклидная энергетика ставит своей целью создание различных по назначений энергетических устройств, в которых в качестве источника первичной энергии используется энергия, выделяющаяся в результате процессов, сопровождающих радиоактивный распад

$$E_{\text{п}} = f'''(A_{\text{и}}, E_{\text{р}}, \eta_{\text{к}}, \eta_{\text{пр}}),$$

где $E_{\text{п}}$ — полезная энергия радионуклидов энергетического устройства; $A_{\text{и}}$ — активность радионуклида; $E_{\text{р}}$ — энергия радиоактивного распада; $\eta_{\text{к}}$, $\eta_{\text{пр}}$ — энергетические параметры конструкции РЭУ и преобразователей энергии.

Необходимость решения комплекса научно-технических проблем каждого из этих направлений привела к развитию самостоятельных научных дисциплин, таких, как радиационная химия, лучевая терапия, активационный анализ, радиационные методы неразрушающего контроля и др.

Радионуклиды и радиационные технологии получили широкое применение в различных областях жизнедеятельности человека во всем мире. В источниках тепловой и электрической энергии, облучательных установках технологического и биомедицинского назначения, контрольно-измерительной и аналитической аппаратуре, в радиофармацевтике, при исследовании кинетики различных процессов используется более 250 радионуклидов и более десяти типов электрофизических источников ионизирующих излучений.

Современное состояние работ в области радиационной техники и применения радионуклидов характеризуется следующим:



С.В. Мамиконян,
первый директор
ВНИИРТ (ВНИИТФА),
доктор технических наук,
профессор



А.С. Штань,
директор ВНИИТФА,
доктор технических наук,
профессор



ВНИИ технической физики и автоматизации

продолжают расширяться области биомедицинского применения как для лечения и диагностики различных заболеваний, стерилизации медицинской продукции, так и для облучения пищевой и сельскохозяйственной продукции;

осуществляются качественные изменения в разрабатываемой технике, связанные с широким применением вычислительной техники и автоматики, использованием более совершенных преобразователей, детекторов излучений, оптимизацией характеристик и увеличением мощности облучателей и т. п., что позволяет существенно улучшить показатели аппаратуры по точности, чувствительности, производительности, дает возможность использовать получаемые данные для автоматизации производства;

улучшаются показатели радиационной безопасности используемой техники вследствие автоматизации управления облучательным оборудованием, оптимального выбора удельной активности используемых источников, применения новых защитных материалов и совершенствования конструкции радиационной защиты.

ВНИИ радиационной техники был создан по решению Правительства от 6 октября 1960 г. Руководили институтом с начала его образования и до 1975 г. докт. технических наук профессор С.В. Мамиконян, а с 1975 по 1998 г. докт. технических наук профессор А.С. Штань, в настоящее время докт. техн. наук Н.Р. Кузелев.

ВНИИРТ в 1992 г. переименован во Всерос-

сийский научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации (ВНИИТФА). Коллектив института уделял большое внимание всем основным направлениям радиационной техники, но особенно большое развитие получили исследования в области радиационной технологии и создания облучательного оборудования для этих целей, разработка аппаратов для лучевой терапии, работы по радионуклидной энергетике, средствам неразрушающего контроля, ядерно-физическим методам и аппаратуре элементного анализа состава вещества, газоразрядным детекторам ядерных излучений.

РАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Радиационная технология основывается на физических, физико-химических и биологических процессах, происходящих в веществе при взаимодействии с ионизирующим излучением и вызывающих соответствующий технологический эффект.

К настоящему времени разработаны и находятся на различных стадиях опытно-промышленной и промышленной реализации несколько десятков различных радиационно-технологических процессов по следующим направлениям: синтез новых химических соединений и инициирование химических реакций, полимеризация, вулканизация и сшивание полимеров, очистка сточных вод и газов, стерилизация материалов, облучение пищевых продуктов для увеличения сроков их хранения, придание новых свойств твердым телам, в частности, полупроводниковым материалам и т. п.

Значительный вклад внесли ученые ВНИИТФА в создание научно-технических основ радиационно-технологического аппаратостроения. Этими работами руководили и принимали в них непосредственное участие В.Б. Осипов, Н. Г. Коньков, Б.М. Терентьев, Г.Д. Степанов, Б.М. Ванюшкин. Был выполнен комплекс



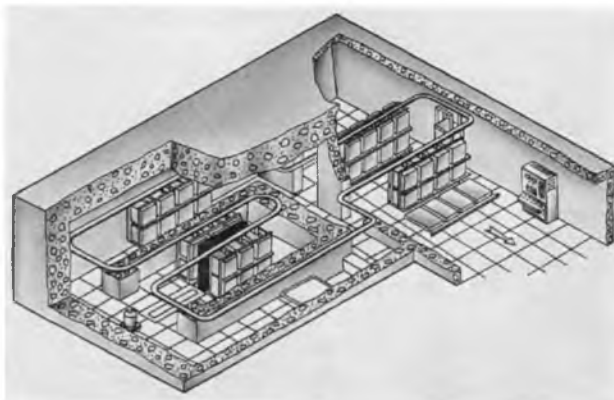
Н.Г. Коньков,
кандидат технических наук

исследований, направленных на разработку методов расчета основных параметров радиационных технологических установок, методов оптимизации параметров облучателей, определения рациональных схем управления, контроля, защиты и автоматизации радиационной аппаратуры. Были разработаны также методы определения топографии доз-

ных полей, коэффициента использования излучения для различных конфигураций облучаемых объектов. Большое внимание уделялось дозиметрии мощных полей излучения.

Наиболее высокоразвитой областью радиационной технологии можно считать радиационную стерилизацию, которая особенно эффективна при обработке термолabileльных материалов, например, медицинских изделий из полимерных материалов (шприц-ампул разового применения, катетеров, кетгута, устройств взятия и переливания крови и др.), перевязочных средств и т. п. Радиационная стерилизация осуществляется с использованием как изотопных источников излучения, так и ускорителей электронов. Разработанные во ВНИИТФА промышленные установки с источниками излучения кобальт-60 активностью до 1 МКи для стерилизации систем службы крови действуют на предприятиях в С.-Петербурге и Белгороде-Днестровском. В г. Кургане эксплуатируют установку с двумя линейными ускорителями электронов ЛУЭ-8/58 для стерилизации медицинской продукции. В г. Кондрово построено современное предприятие по изготовлению акушерских пакетов, оборудованное гамма-установкой для их стерилизации. Созданы и другие установки для предприятий медицинской промышленности.

Одно из важнейших направлений радиаци-



Установка для облучения пищевой и сельскохозяйственной продукции с источником излучения кобальт-60

онной технологии, по которому ведутся работы во ВНИИТФА, — радиационное воздействие, используемое для обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции. Известно, что по различным причинам (гниение, прорастание, порча насекомыми и т. п.) пропадает большое количество продовольствия и сельскохозяйственных продуктов (сырья, семян и пр.). Для многих видов продуктов установлены оптимальные режимы радиационной обработки, проведены многолетние исследования ее пригодности и безвредности. Созданы облучательные установки, которые поставлены в том числе и на экспорт на Кубу, в Португалию, Бангладеш, Вьетнам, Перу, Сирию.

Облучение оказывает стимулирующее воздействие на протекание некоторых химических реакций. Радиационно-химические реакции по сравнению с реакциями, инициируемыми теплом или другими видами энергии, отличаются слабой зависимостью скорости инициирования от температуры, возможностью их проведения без применения добавок и катализаторов, зависимостью скорости инициирования от мощности дозы.

В промышленных установках для осуществления радиационно-химических процессов используют как изотопные источники излучения (кобальт-60), так и мощные ускорители электронов. В производственных условиях налажен выпуск уникальных изделий и материалов, таких, как самослипающаяся электроизоляционная лента и резиностеклоткань, термоусаживающаяся полиэтиленовая изоляция, хлопчатобумажная ткань с антимикробными, гемоста-



Промышленная установка с ускорителем электронов для облучения хлопчатобумажных тканей в целях придания им антимикробных свойств

тическими, противогнилостными свойствами, синтетические ткани с улучшенными потребительскими свойствами.

Большое внимание уделяется в настоящее время охране окружающей среды. Этой важной цели служит радиационная переработка газообразных и жидких промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов. Установки и технологии, разработанные во ВНИИТФА, используют на предприятиях химической и фармацевтической промышленности, что предотвращает загрязнение атмосферы и гидросферы.

Радиационные эффекты, возникающие в твердом теле, также получили практическое применение: в радиационно-физических установках воздействием α -, β - или γ -излучения на полупроводниковые материалы и приборы изменяют и регулируют их параметры. Во ВНИИТФА создано несколько типов таких установок, способствующих увеличению выхода годной продукции.

Дальнейшее развитие работ в области радиационно-технологического аппаратостроения направлено на создание специализированных промышленных установок, повышение их технологических и технико-экономических показателей, автоматизации, надежности, безопасности и удобства в эксплуатации.

РАДИАЦИОННО-ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Исследования и разработки в области радиационной медицины, осуществляемые во ВНИИТФА с момента его основания, направлены на создание аппаратуры для лучевой терапии (в основном злокачественных новообразований). В этих работах принимали активное участие А.Г. Сулькин, А.Н. Майоров, Е.А. Жуковский, В.Я. Комар, Г.П. Елисютин и другие видные ученые и специалисты института. Работы проводились в тесном контакте с ведущими медицинскими институтами и клиниками страны.

Комплекс исследований, выполненный во ВНИИТФА, позволил обосновать основные радиационно-физические параметры дальнедистанционной и контактной терапевтической аппаратуры с радионуклидными источниками излучения, разработать научно-технические основы ее проектирования, создать методы и средства формирования полей облучения с заданными параметрами, обеспечить их стабильность в процессе лучевого воздействия. Разработанные алгоритмы и программы расчета на ЭВМ дозных распределений от источников γ - и нейтронного излучения переданы в медицинские учреждения для клинического применения.

Крупное научно-техническое достижение в области радиационно-терапевтической техники — создание учеными ВНИИТФА принципиально нового вида радиологического оборудования — внутрисполостных гамма-терапевтических аппаратов с высокоактивными источниками излучения для применения в онкогинекологии, проктологии, урологии, стоматологии.

Налаженное серийное производство такой аппаратуры позволило оснастить ею клиники (табл. 1).

В институте разработаны и продолжают совершенствоваться дальнедистанционные гамма-терапевтические аппараты, статические и ротационные (такие, как Агат-С, Агат-Р, Агат-РМ, Агат-Р1) (табл. 2).



Е.А. Жуковский, кандидат технических наук

Таблица 1. Параметры аппаратов для контактного облучения

Параметр	Агат-В	Агат-В3	Агат-В5	Агат-ВУ	Агат-ВТ	Анет-В
Назначение	Гинекология, проктология	Гинекология, проктология, стоматология	Урология	Гинекология, проктология, урология, стоматология, пищевод	Гинекология, проктология, урология, стоматология, пищевод, внутритканевое облучение	Гинекология проктология
Источник излучения	Co-60	Co-60	Co-60	Co-60 Ir-192 Cs-137	Co-60 Ir-192 Se-75	Cf-252
Активность источника, Ки	0,15	0,15; 0,3	2,0	0,5; 1,0; 2,0	0,3—2,4 (Co-60) 0,4—10 (Ir-192) 0,4—10 (Se-75)	0,8; 0,16
Минимальный диаметр эндостата (интрастата), мм	6	6	8	3	3 (1,8)	6
Система управления	Ручное программирование			Микропроцессор	Персональная ЭВМ	Ручное программирование
Система транспортировки источников	Пневматическая			Электромеханическая		

Таблица 2. Параметры дистанционных гамма-терапевтических аппаратов

Параметр	Агат-РМ	Агат-Р1У	Агат-Р2
Назначение	Облучение глубокорасположенных злокачественных новообразований в онкологии		
Источник излучения	Кобальт-60		
Активность источника, Ки	4000	4000	3000
Погрешность угловых перемещений, град маятника прочие	2,0 0,5	1,0 0,5	1,0 0,5
Система наведения оптического пучка	Оптико-механическая	Оптико-механическая, лазерная	
Количество программно-управляемых операций	1	4	4
Тип программного устройства	Шкальное устройство	Персональная ЭВМ	Автономный программатор

Создаются аппараты с системами программного управления на базе современной микропроцессорной техники. Эта аппаратура позволяет перейти от автоматизации отдельных стадий лучевого лечения к комплексной автоматизации всего процесса предлучевой подготовки, разрабатывать индивидуальные оптимальные программы лучевого воздействия и их реализации, что значительно повышает эффективность лечения онкологических больных.

К настоящему времени онкологические диспансеры, больницы, научно-исследовательские институты РФ оснащены несколькими сотнями радиотерапевтических аппаратов, подавляющая часть которых разработана во ВНИИТФА.



Ротационный гамма-терапевтический аппарат Агат-Р1

РАДИОНУКЛИДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Выделяющаяся в результате радиоактивного распада в виде тепла энергия может быть затем преобразована в электрическую. В высоковольтных атомных батареях разность потенциалов на электродах создается в результате непосредственного сбора заряженных частиц.

Радионуклидные источники тепловой и электрической энергии обладают существенными преимуществами: высокой удельной энергоемкостью (тысячи ватт-час на килограмм), длительным сроком службы (10 лет и более), высокой надежностью. Аппаратура с радионуклидными источниками питания, устанавливаемая в отдаленных и труднодоступных районах Земного шара, сохраняет работоспособность при сколь угодно длительном коротком замыкании. Поэтому изделия радионуклидной энергетики (радионуклидные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ), радионуклидные энергетические устройства (РЭУ) и т. п.), разработанные во ВНИИТФА и выпущенные серийно («Бета-С», «Бета-М», «Эфир-МА», ИЭУ-1М и др.), находят широкое применение для энергообеспечения автоматических гидрометеорологических станций, различных средств навигации — морских световых и радиомаяков. Радиомаяки, расположен-

ные на трассе Северного морского пути, способствуют значительному повышению безопасности мореплавания. Более мощные радионуклидные, энергетические установки применяют для питания световых маяков. Такой установкой, созданной в институте, был оборудован, например, Таллинский маяк на Балтийском море. В Антарктике РИТЭГ используются для питания магнитных вариационных станций.



В.М. Кодюков, бывший заместитель директора ВНИИТФА по научной работе, доктор технических наук

Работы в этом направлении в Советском Союзе были начаты известным советским ученым-физиком Г.М. Фрадкимым, руководившим во ВНИИРТ Отделом радионуклидной энергетики. После Г.М. Фрадкина эти работы возглавил В.М. Кодюков, большой вклад в развитие радионуклидной энергетики внесли также А.И. Рагозинский, Б.Н. Маркарьян, А.А. Пустовалов, В.А. Чечуров, А.И. Платов, В.В. Мельниченко и др.

Радионуклидная энергетика находится на стыке нескольких наук: ядерной физики, радиохимии, теплофизики, электротехники и т. п. Поэтому в создании элементов РЭУ принимают участие специалисты различного профиля, многие научные учреждения и промышленные предприятия нашей страны.

Во ВНИИТФА были разработаны научно-технические основы создания РЭУ, принципы конструирования, математического моделирования взаимосвязанных ядерно-физических, теплофизических и электрических процессов в целях оптимизации параметров отдельных узлов РЭУ и установки в целом.

Основным видом топлива для радионуклидных термоэлектрических генераторов высокоэнергоемких РЭУ служит плутоний-238.

Для преобразования энергии радиоактивного распада в электрическую в РЭУ, разрабатываемых во ВНИИТФА, наиболее широко используют термоэлектрические батареи. Проводимые в институте исследования направлены на рациональное использование и других ме-



Радионуклидная энергетическая установка ИЭУ-1М

тодов преобразования — термоэмиссионного, прямого сбора заряженных частиц. Большие перспективы имеет метод динамического преобразования. В институте созданы первые образцы радионуклидных термомеханических генераторов.

Важная область использования радионуклидных источников питания с длительным сроком службы — медицина, в частности, кардиология. В мировой практике широкое распространение получили электрокардиостимуляторы — миниатюрные имплантируемые электронные устройства, снабженные автономным источником питания, электрохимическим или радионуклидным.

В радионуклидном электрокардиостимуляторе (РЭКС) источником питания электронной схемы служит РИТЭГ на основе плутония-238, высокая энергоемкость которого обеспечивает функционирование электронного блока РЭКС в течение 10 лет. Во ВНИИТФА разработаны несколько выпускаемых серийно типов РЭКС (асинхронных и биоуправляемых). Многолетний клинический опыт подтвердил надежность работы и абсолютную безопасность РЭКС.

В институте велись работы по созданию радионуклидного источника питания для насоса искусственного сердца. Такой источник может быть имплантирован непосредственно в организм больного вместе с механизмом искусственного сердца. Пока что такие работы находятся на экспериментальной стадии.

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АППАРАТУРА АНАЛИЗА СОСТАВА ВЕЩЕСТВА

Исследованиям и разработке методов и аппаратуры ядерно-физического анализа состава вещества во ВНИИТФА уделяется большое внимание. Особенно значительное развитие получили нейтронный активационный и нейтронный абсорбционный анализ, фотоядерные методы, рентгенорадиометрия.

Большой вклад в развитие этих методов внесли А.С. Штань, И.Н. Иванов, В.П. Варварица, С.В. Мамиконян, О.К. Николаенко, Ю.Н. Бурмистенко, К.И. Щекин, Ю.Д. Лаврентьев и др. Можно сказать, что в институте сложилась своя школа, занимающаяся специфическими вопросами промышленного анализа, в котором используют ядерно-физические методы. Исследования, проводимые в этой области, имеют ярко

выраженный прикладной характер, направленный на создание методов, приборов, комплексов аппаратуры, которые находят основное применение в промышленности, в горном деле и геологии.

Очень высокой чувствительностью определения различных элементов обладает метод нейтронного активационного анализа при использовании ядерного реактора в качестве источника нейтронов. Разработан ряд методик, используемых при реакторном активационном анализе, в частности, для инструментального определения некоторых благородных металлов успешно используется нейтронно-резонансный метод.

С появлением малогабаритных генераторов нейтронов и мощных радионуклидных источников нейтронов из калифорния-252 и сурьмы-124 в институте стали проводить методические исследования и разработки по созданию стационарных и транспортабельных установок для промышленности и геологии. Особое внимание уделялось активационному анализу с использованием короткоживущих нуклидов, позволяющему получить высокую производительность анализа отдельных образцов и вести непрерывный анализ технологических продуктов. Специалистами института разработаны научно-технические основы непрерывных методов активационного анализа состава вещества, исследованы основные закономерности активационного анализа на короткоживущих нуклидах, что позволило создать целый ряд промышленных установок для анализа отдельных образцов и растворов в потоке.

В основе некоторых из этих установок лежит совместное использование активационного метода и нейтронно-абсорбционного метода для определения элементов — сильных поглотителей нейтронов (кадмий, бор, литий и т. п.). Разработаны и самостоятельные нейтронно-абсорбционные установки для анализа этих элементов. В настоящее время большинство АЭС в РФ и многие АЭС за рубежом (в



В.П. Варварица,
заместитель директора
по научной работе,
доктор технических наук,
профессор

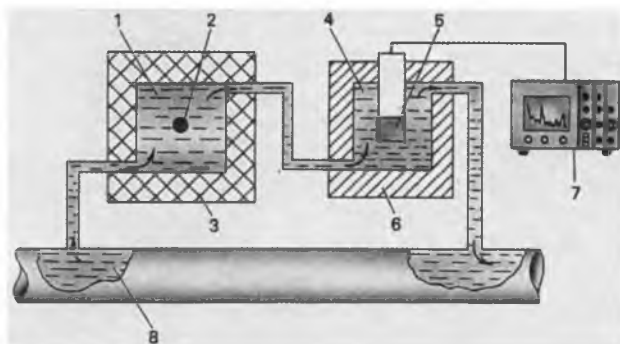


Схема установки для активационного анализа растворов в потоке:

- 1 — камера активации; 2 — источник нейтронов;
3 — защита от нейтронов; 4 — измерительная камера;
5 — детектор γ -излучения; 6 — защита от фонового γ -излучения; 7 — гамма-спектрометр; 8 — поток анализируемого раствора



Рудоконтролирующая станция РКС-1 с рентгено-радиометрическим анализатором для контроля руд в самосвалах

Болгарии, Чехии, Словакии, Венгрии) оснащены разработанными во ВНИИТФА нейтронными анализаторами бора в теплоносителе первого контура реактора.

Дальнейшее развитие методов непрерывного активационного анализа — создание методов и аппаратуры для гамма-активационной сортировки руды.

Гамма-активационный анализ получает все более широкое распространение как метод, обладающий высокой избирательностью, чувствительностью, высокой точностью и экспрессностью.

Учеными института проведена важная работа по уточнению ядерных данных для фото-ядерных реакций. Результаты этих исследований положены в основу разработки промышленной аппаратуры.

Большой эффективностью обладает лаборатория гамма-активационного анализа золотосодержащих руд, разработанная во ВНИИТФА и поставленная в Заравшан, Магадан, Батагай. Высокая производительность и экспрессность анализа рудных проб позволяют использовать результаты определений для направленной добычи руды. Наиболее удобными источниками γ -излучения для осуществления гамма-активационного анализа — линейные ускорители и микротроны.

Электронные ускорители позволяют получать не только интенсивные потоки коротковолнового тормозного рентгеновского излучения, но и достаточно большие нейтронные по-

токи. Так, в установке «Арктика» ускоритель ЛУЭ-15А с бериллиевым конвертером обеспечивает поток нейтронов до 10^{13} нейтр/с, что существенно расширяет круг аналитических задач, которые могут быть решены с помощью электронных ускорителей в результате совместного применения нейтронного активационного и гамма-активационного анализа.

Аппаратурой для активационного анализа, разработанной во ВНИИТФА, оснащен Центр ядерных исследований в Ливии. Положительный опыт ее эксплуатации, высокая квалификация советских специалистов, работавших в Ливии, вызвали интерес и в других странах, проектирующих строительство или сооружающих аналогичные комплексы.

Рентгенорадиометрический метод, основанный на возбуждении атомов анализируемых элементов первичным излучением от радиоактивного нуклида, — один из наиболее перспективных ядерно-физических методов анализа.

Простота, малые габаритные размеры и стоимость аппаратуры в сочетании с достаточной для многих практических задач чувствительностью рентгенорадиометрического метода обуславливают широкие возможности ее использования для массового и многоэлементного экспрессного анализа технологических или геологических проб, анализа пород и руд в естественном залегании, автоматического контроля технологических продуктов в потоке, ученые института внесли значительный вклад в развитие

научных основ рентгенорадиометрического метода и создание приборов различного назначения, предназначенных для работы в полевых, лабораторных и цеховых условиях.

Важный результат работы института является создание методов и аппаратуры для рентгенорадиометрического анализа на легких элементах с применением источников α -излучения.

Разработанные методы с использованием тяжелых заряженных частиц позволяют снизить пороги чувствительности рентгенорадиометрического анализа до 10^{-3} — $10^{-4}\%$, что обеспечивает значительное расширение областей его практического использования.

В разрабатываемых методах и аппаратуре широко применяются передовые достижения в смежных областях науки и техники. Так, для регистрации рентгеновского излучения служат полупроводниковые детекторы с различными системами охлаждения, широкозонные неохлаждаемые детекторы, а также пропорциональные сцинтилляционные детекторы, обеспечивающие высокое энергетическое разрешение до 100 эВ на линии углерода $E = 278$ эВ.

При обработке результатов ядерно-физического анализа большое значение имеют правильная расшифровка спектров излучения, учет мешающего влияния других элементов. Это относится и к активационному, и к рентгенорадиометрическому анализу. Поэтому в институте созданы специальные методы и алгоритмы обработки спектров с использованием ЭВМ. Большое внимание уделяется разработке методических приемов, основанных на различных физических принципах, для исключения мешающего влияния матрицы (применение метода селективной по энергии активации, использование черенковского счетчика для регистрации излучения, совместное применение двух различных методов и т. п.).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЫ ДЛЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Одно из главных аналитических средств при производстве и переработке ядерного топлива — масс-спектрометрический метод контроля изотопного или химического состава вещества.

Использование универсальных масс-спектрометров для этих целей затруднено в связи со слабой приспособленностью их к условиям

производства. Поэтому во ВНИИТФА была разработана и в основной части реализована целевая долгосрочная программа создания специализированных масс-спектрометрических установок производственного назначения для целей ядерной энергетики, управляемого термоядерного синтеза, охраны окружающей среды, ядерных гарантий и др. Программа предусматривала четыре проблемы:

1) химический и изотопный анализ продуктов переработки ядерного топлива в газовой фазе;

2) химический и изотопный анализ легких газов;

3) изотопный и химический анализ продуктов переработки ядерного топлива в твердой фазе;

4) изотопный анализ легких элементов в твердой фазе.

Решение задач по этим проблемам позволило создать современный комплекс масс-спектрометрических средств для контроля качества ядерного топлива непосредственно в цехах предприятий, производящих ядерное топливо.

В разработках масс-спектрометрической аппаратуры по данным направлениям участвуют ВНИИТФА, ЗЭМ (г. Сумы), СКБ АП (г. Ленинград) и другие предприятия.

Кроме того, для обеспечения серийного выпуска специализированной масс-спектрометрической аппаратуры в СКБ ПО «Электрон» в г. Сумы была создана Лаборатория специализированных масс-спектрометров. Сотрудники Лаборатории совместно с коллективом СКБ ПО «Электрон» осуществляли разработку и сопровождение изготовления на заводе «Электрон» продукции, требующей серийного воспроизводства.

Руководство всеми работами по масс-спектрометрической тематике было возложено на докт. техн. наук Г.И. Кирьянова, большой вклад в разработки масс-спектрометрической аппаратуры внесли канд. техн. наук А.Н. Матанцев, докт. техн. наук В.В. Титов.



Г.И. Кирьянов,
доктор технических наук,
профессор

Таблица 3. Масс-спектрометрические технологические установки

Тип установки	Назначение	Основная характеристика
УМТ-2М	Многокомпонентный анализ газового состава HF, F ₂ , O ₂ , N ₂ , Ar, UF ₆ , для автоматизированного управления производством	Диапазон массовых чисел до 350, 6 коллекторов, чувствительность $5 \cdot 10^{-6}$ А/Па, время анализа от 6 до 30 с
УМТ-3	Изотопный анализ легких элементов в твердой фазе	Диапазон массовых чисел до 30, 2 коллектора, погрешность изотопного отношения 0,1—0,2%, время анализа 10 мин
УМТ-5	Многокомпонентный газовый анализ на HF, F ₂ , O ₂ , N ₂ , Ar, UF ₆ при фторидной переработке отработавшего ядерного топлива	6 коллекторов, чувствительность 10^{-7} А/Па, время анализа до 30 с, погрешность анализа <3%
МИ-1201Г	Изотопный анализ урана в UF ₆	Погрешность измерения отношения 235/238 0,02% для природного состава, 3 коллектора
УМТ-15К	Изотопный анализ бора в BF ₃	Квадрупольный анализатор, погрешность анализа изотопного отношения 0,1—0,2%, разрешение 5—10 М, чувствительность 1—5 мА/Па

Используя хорошо разработанные принципы, теорию и опыт создания классических универсальных масс-спектрометров, применяя специальные, часто автоматизированные устройства пробоотбора, подготовки и введения анализируемой пробы в масс-спектрометр, удалось создать целый ряд аналитических установок, так называемых специализированных масс-спектрометрических установок (СМСУ). Эти установки теперь сравнительно широко используют в металлургической промышленности, при контроле производства твэлов АЭС, контроле окружающей среды, в медицине, при различных физических, химических, биологических и космических исследованиях. Широко применяют специализированные масс-спектрометры в вакуумной технике в качестве течеискателей и газоанализаторов, в физике твердого тела для исследования поверхности тел.

Специализированные масс-спектрометрические установки имеют некоторые особенности:

СМСУ разрабатывали как установки, предназначенные для решения, как правило, одной конкретной задачи, имеющей важное технологическое, экономическое или научное значение;

СМСУ, входящие в технологическую цепь производства, обеспечивают получение информации, являясь частью основного производства;

СМСУ часто служат датчиками объективной информации для осуществления АСУТП производства;

иногда СМСУ встраивают непосредственно в основную исследовательскую установку для отслеживания режима или его автоматического регулирования;

наблюдается более широкий переход к применению компактных квадрупольных масс-спектрометров в качестве основного элемента СМСУ, в то же время универсальные масс-спектрометры выполняют чаще по классической схеме со статическим анализатором.

В области автоматизации процессов анализа и получения данных в СМСУ можно отметить следующее:

наблюдается стремление к автоматизации процесса измерения в соответствии с тенденцией в приборостроении;

процесс ввода образцов в камеру ионизации автоматизируется с помощью барабанных источников, систем штокового ввода, сложных систем напуска газов и газообразных образцов;

автоматизируется процесс отыскания места неисправности в системе и выдачи рекомендации оператору по ремонту;

расширяется использование микропроцессов, ЭВМ и комплексов для обработки информации, обмена, контроля и автоматизации;

существует тенденция к переводу твердых образцов (там где это возможно) в газовую фазу через фторирование для проведения изотопного газового анализа;

специализированные масс-спектрометрические технологические установки, как правило, разрабатывают с ординарными аналитическими характеристиками, однако, к ним предъявляют требования повышенной надежности при

длительном непрерывном времени эксплуатации в условиях производства;

специализированные масс-спектрометрические исследовательские установки, разрабатываемые с одним или несколькими уникальными параметрами, предназначены для работы лишь в течение ограниченного экспериментом времени.

Для обеспечения наработки таких продуктов, как бор, уран и некоторых другие во ВНИИТФА созданы прецизионные масс-спектрометрические установки, которые, могут быть встроены в технологические линии. Требования, предъявляемые к этим установкам — их круглосуточная работа, высокая чувствительность, автоматизация всех измерительных процессов, вывод информации на ЭВМ и по связи с АСУТП. В табл. 3 приведены характеристики разработанных во ВНИИТФА установок УМТ-2М, УМТ-3, УМТ-5, УМТ-15К, а также созданной совместно с ПО «Электрон» (г. Сумы) установки МИ-1201 АГ.

ГЕНЕРАТОРЫ НЕЙТРОНОВ С ЗАПЯЯННЫМИ УСКОРИТЕЛЬНЫМИ ТРУБКАМИ ДЛЯ АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА И НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для широкого внедрения промышленного активационного анализа состава вещества на заводах, в полевых геологических партиях и лабораториях страны во ВНИИТФА с 1963 г. проводили исследования и разработки генераторов быстрых нейтронов различного назначения.

В 1964 г. был создан и испытан первый портативный импульсный генератор нейтронов, получивший название НГИ-1, предназначенный для активации образцов горных пород нейтронами в целях анализа их элементного состава. В генераторе использовали вакуумную ускорительную трубку НТ-8 с искровым источником ионов. Генератор входил в комплект оборудования транспортабельной лаборатории активационного анализа «Сена», впервые успешно примененной на практике в геофизических исследованиях месторождений медных руд и бокситов на Кавказе и в Карелии.

В 1967 г. Г.И. Кирьяновым и А.П. Чехониным была предложена схема подачи энергии на источник ионов, находящийся под действием импульсного ускоряющего напряжения, через двоячную вторичную обмотку импульсного



Портативный импульсный генератор нейтронов НГИ-12М

трансформатора, реализованная в генераторе модели НГИ-5. При этом мишень ускорительной трубки заземляли, что конструктивно позволило приблизить облучаемый образец вплотную к мишени и тем самым увеличить плотность потока нейтронов в образце в десятки раз.

Во всех последующих моделях генераторов нейтронов для активационного анализа использовали схему с заземленной мишенью. При этом существенно повысилась чувствительность анализа и его экспрессность.

Разработаны модели портативных импульсных генераторов нейтронов для активационного анализа состава веществ в производственных условиях — НГИ-5, НГИ-9, НГИ-12. Они имеют заземленную мишень, компактную конструкцию, просты в обслуживании и наиболее удобны для промышленного использования. Общая особенность этих генераторов — значительный выход нейтронов за импульс (10^8 – 10^9 нейтр./имп) и небольшая частота, повторений (10–20 Гц) импульсов нейтронов.

Наиболее совершенный генератор этого типа — генератор НГИ-12М.

К недостаткам импульсных генераторов нейтронов следует отнести, во-первых, сравнительно быстрый спад потока нейтронов во времени. Так, во многих вакуумных трубках за 30 ч работы поток уменьшается приблизительно в 3 раза. Во-вторых, сравнительно малый срок службы трубок 10^6 — 10^7 имп., что составляет 30—50 ч непрерывной работы. В-третьих, наблюдается большая нестабильность выхода нейтронов за импульс.

Несмотря на эти недостатки, импульсные генераторы нейтронов НГИ нашли действительно широкое применение на практике, было внедрено свыше 70 образцов: для активационного анализа, реакторных исследований, исследования защит, контроля характеристик жидких и других сред через стенку трубы и т. п.

Норильск и Аппатиты, Рустави и Усть-Каменогорск, Бровары и Светлогорск, Владивосток и Красноярск — это далеко не полный перечень городов, на предприятиях которых используются импульсные генераторы нейтронов типа НГИ.

Дальнейшее увеличение потока нейтронов в промышленных генераторах потребовало создания генераторов нейтронов постоянного потока и мощных запаянных ускорительных трубок.

В 1975 году во ВНИИТФА был разработан генератор постоянного потока 10-Н с двухсекционной металлокерамической ускорительной трубкой УТ-01.

На тех же принципах построены и генераторы постоянного потока НГМ-14, НГМ-16, НГМ-22, отличающиеся некоторыми схемными и конструктивными особенностями.

Осуществлять модуляцию постоянного тока практически по любому виду функции управляющего сигнала позволяет генератор нейтронов НГМ-11. Преобразование при этом близко к линейному, допустимая глубина модуляции потока 90% при нелинейных искажениях до 10%. Управление потоком осуществляется подачей модулирующего сигнала на специальную сетку модифицированного источника ионов с осциллирующими электронами (Пеннинга). Генератор нейтронов НГМ-11 может служить возбудителем нейтронных волн в исследуемых средах. Поток, создаваемый генератором НГМ-11, в постоянном режиме до



Нейтронный генератор постоянного потока НГМ-14 с запаянной трубкой

$2 \cdot 10^8$ нейтр./с, наибольшая частота модуляции 20 кГц.

В разработку импульсных генераторов и генераторов нейтронов постоянного и модулированного потока внесли большой вклад научные сотрудники канд. технических наук А.Н. Матанцев, С.И. Сыромуков, С.В. Кривососов и др.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Для контроля изделий и производственных процессов в различных отраслях промышленности успешно используется аппаратура неразрушающего контроля и радиационные приборы технологического контроля.

Качество изделий и конструкций из разнообразных материалов со сложными конфигурацией и технологией изготовления оценивают с помощью разрабатываемых во ВНИИТФА средств неразрушающего контроля, базирующихся в основном на применении ядерно-физических методов.

Высокая проникающая способность ионизирующего излучения, в особенности γ -квантов и нейтронов, обеспечивает перенос информации в виде радиационного сигнала через стенки технологических аппаратов, трубопроводов, емкостей и т. п.

Гамма- и нейтронная радиография, автордиография, радиометрическая дефектоскопия, радиационные методы контроля таких параметров, как уровень, плотность, расход материа-

лов, толщина стенок и покрытий, гранулометрический состав порошков, распределение материала, наличие пор и трещин и т.п. позволяют решать множество задач, стоящих перед производством.

В развитие научно-технических основ и создание аппаратуры неразрушающего контроля качества изделий и технологических параметров значительный вклад внесли такие известные специалисты, как А.С. Штань, И.И. Крейндин, А.Н. Майоров, Н.Д. Тюфяков, Е.А. Жуковский, В.Н. Афанасьев, В.В. Хахалин, Д.И. Косарев, Е.Д. Кохов, Ю.И. Пахунков и др.

Использование агрегатированных систем и типовых конструкций, унификация и нормализация элементов разрабатываемой аппаратуры, широкое применение вычислительной и микропроцессорной техники обеспечивают создание аппаратуры неразрушающего контроля и технической диагностики на уровне лучших мировых образцов.

Выбор детекторов с максимальным соотношением «сигнал-шум», обработка радиографической и радиометрической информации с использованием ЭВМ позволяют увеличить количество информации, получать объемные и послойные изображения контролируемых изделий. На этом, в частности, основаны методы промышленной ЭВМ-томографии, разрабатываемые в институте. Широкое применение в дефектоскопии нашел изотоп кобальт-60. Для обеспечения контроля на малых фокусных расстояниях созданы специальные острофокусные источники. Контроль тонкостенных изделий проводится и использованием источников низкоэнергетического излучения.

На основе проводимых исследований учеными ВНИИТФА совместно со специалистами промышленных предприятий созданы серия гамма-дефектоскопов общего применения и радиометрические дефектоскопы, позволяющие контролировать изделия сложной формы, объекты, расположенные в труднодоступных местах, детали и узлы в процессе их изготовления, сварные швы магистральных трубопроводов, энергетическое оборудование.

В связи с широким развитием ядерной энергетики в нашей стране, необходимостью повышения ее эффективности и безопасности возрастают требования к качеству оборудования АЭС, в том числе твэлов. Большое внимание в разработках института уделяется созда-



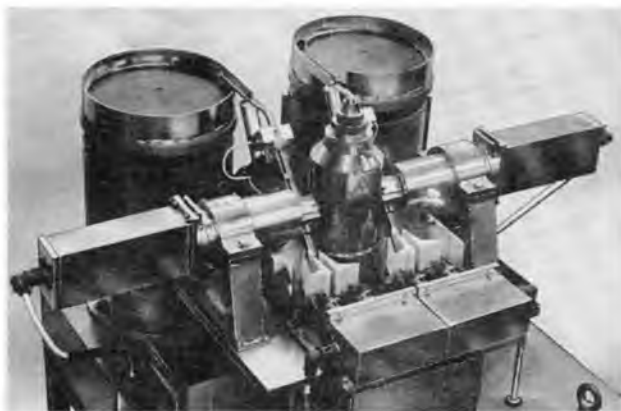
Гамма-дефектоскоп сварных швов с источником иридий-192

нию средств неразрушающего контроля для ядерной энергетики. На многих АЭС в нашей стране и за рубежом (Финляндия, Венгрия) применяют изготовленный во ВНИИТФА гамма-дефектоскоп РИД 187/213 для радиографического контроля патрубков реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 при их монтаже и ремонте.

Комплекс средств неразрушающего контроля при производстве твэлов для энергетических реакторов ВВЭР-1000, РБМК, БН разрабатывался ВНИИТФА совместно с другими институтами и предприятиями. Цель этой работы — полное оснащение производства твэлов автоматизированными средствами контроля на всех этапах их производства, от порошков ядерного топлива до готовых тепловыделяющих сборок. Созданы также средства контроля твэлов для высокотемпературных газовых реакторов ВТГР.

При создании комплекса широко применяли агрегатирование и типизацию, микропроцессорные средства и элементы робототехники.

Контроль как необлученных, так и облученных твэлов возможен с помощью метода нейтронной радиографии, который используют также при контроле многих других объектов. В течение многих лет во ВНИИТФА изучают возможность применения нейтронов для неразрушающего контроля. Исследования позволили выявить основные закономерности, определяющие возможности, условия и особенности применения нейтронов для указанных целей, решить многие задачи, связанные с практическим применением этого метода.



Автоматический пост неразрушающего контроля и сортировки топливных таблеток по плотности

Нейтронная радиография позволяет получать информацию о параметрах изделий, расположенных за экранами из более тяжелых материалов, определять включения водородсодержащих соединений, веществ с большим сечением поглощения нейтронов и т. п. Создано несколько установок для нейтронной радиографии с использованием мощных радионуклидных источников нейтронов из калифорния-252, а также пучков нейтронов, выводимых из ядерного реактора.

Такие производственные технологические параметры, как влажность, уровень, плотность, толщина и т. п. можно контролировать с помощью радиоизотопных приборов.

Приборы этого типа, разработанные во ВНИИТФА, используют для измерения влажности почв и грунтов на строительстве, определения гранулометрического состава измельченных руд и порошков, контроля за засыпкой бункеров систем шихтоподачи на крупнейших домнах, управления противообледенительными системами на самолетах гражданской авиации и т. п.

Из приведенного выше обзора видно, в какую развитую область науки и техники превратилась радиационная техника, сколь широки области ее применения — от ядерной энергетики и металлургии до сельского хозяйства и медицины.

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Газоразрядные дефекторы ионизирующих излучений представляют важнейший элемент аппаратуры для радиационных измерений. Во

многих странах мира промышленность выпускает эти приборы наряду с полупроводниковыми и сцинтилляционными детекторами ионизирующих излучений. Газоразрядные детекторы просты в изготовлении, удобны в работе, обеспечивают надежные измерения различных видов излучения в широком диапазоне внешних воздействующих факторов.

Область применения газоразрядных детекторов излучений чрезвычайно обширна. Это — системы управления и защиты ЯЭУ, системы противоядерной защиты промышленных и военных объектов, приборы радиационного контроля персонала АЭС и населения страны, приборы для ранней диагностики злокачественных опухолей, геофизическая аппаратура разведки полезных ископаемых, аппаратура для исследования космических объектов и т. п.

Развитие ядерной физики, космонавтики и реакторной техники способствовало созданию принципиально новых разновидностей (групп) газоразрядных детекторов излучений (таких, как коронные счетчики и интегрально-импульсные камеры).

В настоящее время отечественная промышленность выпускает шесть групп газоразрядных детекторов, различающихся параметрами и физическим механизмом использованного в них газового разряда: газонаполненные ионизационные камеры; вакуумные камеры; интегрально-импульсные камеры; счетчики Гейгера—Мюллера; пропорциональные счетчики; коронные счетчики.

В основном эти приборы разработаны специалистами ВНИИТФА, НИИВТ имени С.А. Векшинского и ОКБ Запрудненского завода ЭВП.

Первые в России промышленные счетчики Гейгера—Мюллера с органической гасящей добавкой для регистрации α -, β -, γ -излучения были изготовлены на Московском электроламповом заводе коллективом сотрудников под руководством С.А. Векшинского. После создания в 1947 г. Научно-исследовательского института вакуумной техники (НИИВТ), возглавляемого С.А. Векшинским, в составе института по постановлению правительства в 1951 г. был организован специализированный научно-тематический отдел по исследованиям и разработке промышленных конструкций и технологии газоразрядных детекторов ионизирующих излучений, в которых остро нуждалась развивающаяся атомная промышленность.

С начала 50-х годов в отделе интенсивно проводили работы по изучению механизма функционирования и технологии изготовления счетчиков Гейгера—Мюллера с галоидными гасящими добавками, что позволило создать приборы с низким напряжением эксплуатации, широким температурным диапазоном, большим ресурсом работы, повышенной устойчивостью к перегрузкам по напряжению и интенсивности облучения, т. е. с лучшими характеристиками по сравнению со счетчиками с органическими гасителями.

Развитие атомной промышленности и ядерной энергетики потребовало создания ионизационных камер для регистрации нейтронных потоков с большой плотностью, используемых в системах управления и защиты ядерных реакторов и в исследовательской реакторной аппаратуре.

Первые ионизационные камеры, разработанные в 50-х годах специалистами отдела под руководством А.Б.Дмитриева, содержали в качестве радиатора газ B_3 , взаимодействующий с нейтронами. Позднее в качестве газообразного радиатора в камерах стали использовать 3He . Однако эти приборы не получили широкого распространения в связи с существенным изменением параметров при регистрации больших нейтронных потоков.

Наибольшее развитие в разработках отдела и применение в промышленности получили ионизационные камеры нейтронов с твердым борным радиатором и ионизационные камеры деления, содержащие в качестве радиатора делящиеся изотопы элементов уранового (и трансуранового) ряда, обладающие высокой стабильностью параметров при регистрации больших нейтронных потоков.

Основы научного конструирования и технологии изготовления борных нейтронных ионизационных камер были разработаны А.Б. Дмитриевым. На этой научной базе в 50—70-е годы было создано и освоено в производстве около 10 типов борных нейтронных камер. Фундаментальные исследования по изучению физических процессов, конструктивных и технологических факторов, определяющих работоспособность, долговечность и эксплуатационные параметры ионизационных камер деления были выполнены Е.К. Малышевым, им же с ближайшими сотрудниками в 60—80-х годах разработана серия ионизационных камер деле-

ния для промышленных и исследовательских целей.

В 80-е годы был разработан новый тип газоразрядных детекторов — интегрально-импульсные гамма-камеры с высокой линейностью нагрузочной характеристики в широком диапазоне мощности доз. В этих приборах слабый токовый сигнал ионизационной камеры вследствие квантования заряда встроенным искровым разрядником превращается в серию дискретных импульсов напряжения большой амплитуды (десятки вольт), обеспечивая высокую помехоустойчивость приборов и простоту регистрации полезного сигнала.

Совместное использование ионизационных камер и газоразрядных счетчиков в ядерных технологиях и реакторной технике потребовало создания счетчиков, устойчивых к электромагнитным и радиационным помехам. В середине 50-х годов в отделе были проведены исследования возможности повышения амплитуды полезных импульсов и помехоустойчивости пропорциональных счетчиков, которые завершились созданием принципиально нового класса газоразрядных детекторов — коронных счетчиков сильноионизирующих частиц и нейтронов. Сохраняя пропорциональность импульса первичной ионизации, коронные счетчики имеют преимущества по сравнению с пропорциональными: большую амплитуду импульса, ее независимость от напряжения питания, большую протяженность и малый наклон плато счетной характеристики, повышенную радиационную помехоустойчивость.

В настоящее время разработано и выпускается более 20 наименований коронных счетчиков, среди которых есть счетчики нейтронов как с твердым борным, так и с газообразным 3He радиатором.

На протяжении всего периода развития отечественного ядерного приборостроения коронные счетчики служат основными детекторами для регистрации нейтронов.



Е.К. Малышев,
доктор технических наук,
профессор

Пропорциональные счетчики нейтронов с ^3He находят пока ограниченное применение, в основном для некоторых оборонных задач и в спектрометрических исследованиях. Помимо газоразрядных детекторов излучений в отделе несколько лет разрабатывали изделия типа ПИК — вакуумные и газонаполненные линии связи ионизационных камер с электронной регистрирующей аппаратурой.

В НАШИ ДНИ

В последние годы институт переживает серьезные трудности. Уменьшение финансирования, сокращение инвестиций в ядерный промышленно-энергетический комплекс, оборонные отрасли промышленности, медицину, которые традиционно были заказчиками института, почти десятикратное сокращение государственного заказа потребовало существенной перестройки деятельности института. Численность научно-инженерного персонала и работников опытного производства уменьшилась в 3 раза, существенно сократились объемы по некоторым видам работ. Но при этом все же удалось сохранить все научно-технические направления деятельности института и основной костяк ведущих научных работников.

Серийный выпуск разработанных изделий осуществляется на опытном производстве и в филиале института — заводе в г. Саранске. ВНИИТФА в последние годы превратился в мощную научно-производственную фирму.

Это позволило институту не только выжить в современных экономических условиях, но и осуществить ряд разработок с поставкой аппаратуры и оборудования не только российским, но и зарубежным заказчикам.

Характерная черта современных работ института — создание установок и аппаратуры в рамках существующих научных направлений с применением новых материалов и новых источников излучений, компьютерной техники и автоматизации радиационных процессов и автоматической обработки результатов измерений.

Так, при создании радиационно-технологических установок все в большей степени используются методы автоматического управления процессами загрузки и облучения продукции, аварийного спуска облучателя в хранилище и т. п. Все это позволило сделать отече-

венные радиационно-технологические установки конкурентоспособными по отношению к зарубежным аналогам. В большей степени развиваются радиационные методы обработки материалов с использованием ускорительной техники — разложение твердых, жидких и газообразных отходов, обработка упорных руд, стерилизация медицинских продуктов и т. п. Однако продолжают совершенствоваться и установки с радионуклидными источниками.

В 1995 г. в г. Степногорске (Казахстан) введена в строй гамма-установка с источником цезий-137 активностью 44 кКи для стерилизации лекарственных средств и медицинской техники. В этом же году институт поставил в Египет самозащитную гамма-установку с источником кобальт-60 активностью 25 кКи для исследований и отработки технологии стерилизации.

В апреле 1996 г. в присутствии членов правительства Перу недалеко от г. Лимы открыт комплекс для радиационной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции для увеличения сроков хранения и радиационной стерилизации медицинских изделий, оборудованный гамма-установкой с источниками кобальт-60 общей активностью 100 кКи, разработанной в институте по контракту с МАГАТЭ.

В последние годы проведена большая работа по увеличению срока службы радионуклидных энергетических установок, разработанных в институте и находящихся в эксплуатации. Модернизацией и оптимизацией термоэлектрических батарей и увеличением гарантированного срока службы радионуклидных источников тепла срок службы ЯЭУ увеличен с 12 до 25 лет.

Интересная разработка завершена в 1996 г. В институте была создана комплексная радионуклидная энергетическая установка КРЭУ-238 для энергоснабжения пенетратора — зонда, который должен был внедряться в марсианский грунт, опускаемого на Марс с космической станции. Радионуклидный термоэлектрический генератор (РИТЭГ) этой установки массой 1,2 кг создан на основе изотопа плутоний-238. Мощность РИТЭГ 400 мВт, рабочее напряжение нагрузки 15 В. КРЭУ-238 должен был обеспечить работу пенетратора на поверхности Марса в течение многих лет. К сожалению, запуск станции к Марсу завершился неудачей.

Развитие методов и аппаратуры неразрушаю-

щего контроля также связано с использованием компьютерной техники, новых типов источников излучения, таких, как селен-75, которые пока не применяют в зарубежной аппаратуре (такие источники разработаны в НИИ атомных реакторов в г. Димитровграде), что значительно улучшает выявляемость дефектов.

Радионуклидный компьютерный томограф АЦ-3, созданный в институте в последнее время, позволяет осуществлять высокоинформативный контроль высоконагруженных объектов, например, узлов авиационной техники. С его помощью можно контролировать изделия диаметром от 15 до 150 мм с пространственным разрешением до 1% диаметра объекта. Томограф предусматривает использование источников γ -излучения на основе радионуклидов америций-241, селен-75, цезий-137. Томографический комплекс АЦ-3 позволяет выявлять локальные дефекты и проходные сечения диаметром более 0,3 мм в деталях и конструктивных элементах, контролировать правильность сборки узлов, выявлять полости и расслоение в композиционных образцах. Томограф может быть использован для определения возможных причин аварий летательных аппаратов.

Институт осуществляет большой комплекс работ по созданию аппаратуры для ядерной энергетики.

Завершена разработка уникального малогабаритного острофокусного гамма-дефектоскопа РИД-Se-4 с источником селен-75. Дефектоскоп предназначен для контроля металла толщиной 5—25 мм по стали. Масса дефектоскопа 7 кг. Серийный выпуск налажен ВНИИТФА.

Институт разработал и серийно выпускает нейтронный анализатор бора-10 в теплоносителе ядерных энергетических реакторов, которым оснащают большинство АЭС с реакторами типа ВВЭР в России и за рубежом.

В 70—80-е годы институт разработал и внедрил большой комплекс средств неразрушающего контроля при производстве твэлов энергетических реакторов. В настоящее время начато выполнение программы по созданию нового поколения современных средств контроля качества твэлов. В частности, для контроля длины топливного столба и степени обогащения уранового топлива в твэле, контроля плотности и геометрических размеров топливных таблеток, контроля давления гелия под оболочкой твэла, а также контроля твэлов со смешанным топливом и топливом с выгорающим поглотителем.

Из новых средств для регистрации ионизирующих излучений во ВНИИТФА в последние годы создана широкодиапазонная нейтронная ионизационная камера для систем управления и защиты ядерных реакторов, которая работает в диапазоне плотности потока нейтронов, перекрывающем 11 порядков, от 1 до 10^{11} нейтр./см². Эту камеру можно использовать в трех основных режимах работы реакторных установок — пусковом, промежуточном и рабочем.

Разработаны и производятся высокотемпературные счетчики нейтронов на ³He, которые работают в режиме коронного разряда при температуре до 350 °С.

Аппаратура контроля, разработанная в институте, предназначена не только для контроля качества. Создан большой комплекс ядерно-физической и рентгенорадиометрической аппаратуры для контроля состава вещества, который необходим при определении содержания полезных компонентов в горнорудной массе, в технологических средах, при контроле содержания вредных элементов в твердых, жидких и газообразных отходах, анализе металлов и т. п.

Основные тенденции развития этого направления — снижение порога определения элементов (например, до $10^{-8}\%$) предварительным обогащением проб с помощью фильтров, абсорбционных колонок и химических методов; сочетание различных методов анализа; применение рентгеновских трубок для увеличения числа одновременно определяемых элементов; широкое использование методов математического моделирования и расчетных методов определения метрологических характеристик приборов и т. п.

Использование такого подхода позволило создать высокочувствительный многоэлементный рентгенорадиометрический анализатор для Комитета экологического мониторинга Минприроды РФ; многоэлементный анализатор для американской фирмы SAIC; специализированный анализатор металлов и сплавов для Государственного таможенного комитета РФ.

Одно из новых направлений разработки медицинской аппаратуры институтом в последние годы — создание компьютерных станций

анализа нарушения ритма сердца. Эти станции предназначены для электрокардиологических исследований пациентов и анализа электрокардиограмм как в режиме непрерывного мониторинга, так и в режиме записи фрагмента с одновременным отображением ЭКГ на экране ЭВМ. Компьютерная станция создает банк электрокардиограмм пациентов, принимает, отображает и сохраняет ЭКГ. Первые образцы таких станций были разработаны в рамках

конверсионной программы института. В настоящее время аппаратура производится серийно и поставляется институтом многим медицинским организациям России.

Продолжаются работы по программе создания новых модификаций аппаратов для лучевой терапии, как дистанционной, так контактной и внутрисполостной с использованием новых методик, новых типов источников и дальнейшим развитием компьютерного обеспечения.

ХІІІ. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Г.С. Афонин, А.С. Зипенко

Обладея мощным научно-техническим потенциалом, крупнейшими научно-исследовательскими и промышленными центрами с высококвалифицированными учеными и специалистами, Минатом России осуществляет широкое международное экономическое и научно-техническое сотрудничество как на двусторонней, так и многосторонней основе.

Международные связи начались практически одновременно с образованием отрасли. Первые предложения нашей страны в мирном использовании атомной энергии последовали в 1946 г., когда в Комиссию ООН по атомной энергии наша страна внесла проект международной конвенции «О запрещении производства и применения оружия, основанного на использовании атомной энергии, в целях массового уничтожения».

Широкие контакты начали осуществляться после принятия ІХ Сессией Генеральной Ассамблеи ООН 4 декабря 1954 г. резолюции о международном сотрудничестве в области применения ядерной энергии в мирных целях. Уже в августе 1955 г. на Международной конференции в Женеве специалисты нашей отрасли представили доклады о ядерной науке и технике, в том числе и о первой в мире промышленной АЭС, построенной в г. Обнинске и введенной в эксплуатацию 24 июня 1954 г.

Важной вехой в наших международных связях является визит и, без преувеличения можно сказать, историческое выступление И.В. Курчатова в г. Харуэлле. Тогда впервые была приподнята завеса секретности над многими направлениями исследований и провозглашена необходимость широкой международной кооперации. Сотрудничество отрасли в области мирного использования атомной энергии развивалось по следующим основным направлениям:

оказание технического содействия странам Восточной Европы и другим странам социалистического лагеря в создании научно-исследовательских центров и ядерной энергетики;

оказание технического содействия развивающимся странам;

обмен опытом и широкая научная кооперация на основе двустороннего сотрудничества с промышленно-развитыми странами;

участие в международных конференциях, конгрессах, симпозиумах и т. п.;

участие в деятельности международных организаций;

внешнеэкономическое сотрудничество.

СОТРУДНИЧЕСТВО СО СТРАНАМИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО ЛАГЕРЯ

СОТРУДНИЧЕСТВО СО СТРАНАМИ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Первые соглашения по мирному использованию атомной энергии были подписаны в апреле — мае 1955 г. В этот период важнейшими задачами сотрудничества были создание и развитие в этих странах национальной ядерной науки и техники. Все это требовало создания научно-технической базы, подготовки ученых и специалистов, а в итоге — помощи в организации национальных ядерных центров.

В первые 10—15 лет при содействии Советского Союза в этих странах были построены и введены в действие 12 исследовательских и учебных реакторов, 16 ускорителей заряженных частиц, 5 радиохимических изотопных лабораторий и т. п.

В этот период окончательно сформировались ядерные исследовательские центры:

в Болгарии — Институт ядерных исследований и ядерной энергетики;

в Германской Демократической Республике — Центральный институт ядерных исследований;

в Венгрии — Центральный институт физики;

в Польше — Институт ядерных исследований в Сверке и Краковский институт ядерной физики;

в Румынии — Институт ядерных энергетических реакторов;

в Чехословакии — Институт ядерных исследований.

С началом их деятельности были созданы условия для подписания межправительственных соглашений о дальнейшем развитии научно-технического сотрудничества.

Такие соглашения были подписаны.

К началу 70-х годов были созданы необходимые условия для перехода к долгосрочному сотрудничеству. Основной его формой стало проведение совместных исследований по скоординированным программам.

Это сотрудничество включало следующие основные тематические направления: реакторы на быстрых нейтронах, реакторы водо-водяные, реакторное материаловедение, радиохимия и радиоактивные отходы, физика твердого тела, физика плазмы и управляемый термоядерный синтез, физика высоких энергий и элементарных частиц, ядерная физика низких и средних энергий, приборы ядерной техники, изотопы, ускорители, ускорительная техника и электрофизическая аппаратура, технология ТВЭЛов, вычислительная техника, системы обработки информации, средства автоматизации и АСУ и т. п.

СОТРУДНИЧЕСТВО С КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ

В 1987—1988 гг. после 30-летнего перерыва возобновились контакты между российскими и китайскими организациями в области ядерной науки и техники. Анализ возможных направлений сотрудничества показал, что китайская сторона заинтересована в получении из России информации, передаче технологий и оборудования как в рамках научно-технического сотрудничества, так и на коммерческой основе.

Китай вплотную приступил к созданию собственной ядерной энергетики, и техническая помощь России была для него предпочтительна.

В настоящее время сотрудничество с КНР в ядерной области определяется следующими документами, подписанными в 1992 г.:

межправительственным Соглашением о сотрудничестве в сооружении на территории КНР завода по обогащению урана для ядерной энергетики. Оно предусматривает сооружение

в КНР газоцентрифужного завода по обогащению урана для ядерной энергетики. В соответствии с этим Соглашением Минатомом России в 1993—1995 гг. были подписаны с китайской Компанией ядерной индустрии контракты на его сооружение;

межправительственным Соглашением о сотрудничестве в сооружении АЭС и предоставлении Россией КНР государственного кредита;

межведомственным Соглашением о сотрудничестве по созданию в свободной экономической зоне (г. Шэньчжэнь) совместной компании по коммерческой реализации наукоемких проектов и разработок. В соответствии с этим Соглашением в апреле 1994 г. в г. Шэньчжэне начала свою деятельность китайско-российская компания «Шэньчженьский промышленный технологический парк»;

межведомственным Соглашением о научно-техническом и экономическом сотрудничестве в области конверсии и мирного использования атомной энергии.

По линии экономического сотрудничества в августе 1993 г. заключен контракт на поставки в КНР обогащенного урана (3,2%-й уран-235) в виде гексафторида урана для Гуандонгской АЭС в период с 1994 по 1998 г. Общий объем поставок за 5 лет должен составить 79 810 кг обогащенного урана.

Учитывая уровень развития сотрудничества и его масштабы в апреле 1996 г. РФ и КНР подписали межправительственное Соглашение о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии.

СОТРУДНИЧЕСТВО С РЕСПУБЛИКОЙ КУБА

Совет Министров СССР своим Постановлением от 23 ноября 1966 г. дал согласие Кубинской стороне на оказание технического содействия в подготовке специалистов по мирному использованию атомной энергии, а также в строительстве на Кубе ядерного исследовательского реактора с вспомогательными лабораторными сооружениями.

Советский Союз рекомендовал построить на Кубе уран-водный подкритический реактор (подкритическую сборку) и небольшие физическую и радиохимическую (изотопную) лаборатории в объеме институтского практикума для обучения студентов высших и средних учебных заведений Кубы.

15 сентября 1967 г. в г. Гаване было подписано межправительственное Соглашение между СССР и Кубой о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях, согласно которому СССР обязывался передать Республике Куба в дар:

комплект оборудования уран-водного подкритического реактора, включая комплект тепловыделяющих элементов;

оборудование, приборы и материалы для организации физической и радиохимической (изотопной) лабораторий.

Соглашением предусматривалось, что СССР окажет техническое содействие Кубе в монтаже, наладке и пуске в эксплуатацию поставленного оборудования, а также в обучении кубинских специалистов для работы на уран-водном подкритическом реакторе и проведении экспериментальных работ в физической и радиохимической (изотопной) лабораториях с помощью советских специалистов, командированных на Кубу.

Со своей стороны Республика Куба должна была обеспечить:

выполнение проектных и необходимых строительных работ по подготовке помещений для установки подкритического реактора, физической и радиохимической лабораторий;

выделение необходимого количества специалистов для участия в монтаже, наладке и пуске в эксплуатацию поставляемого оборудования, а также для обучения работе на этом оборудовании.

В соответствии с этим Соглашением на Кубе был создан Центр ядерных исследований, располагающий ядерным исследовательским реактором мощностью в 10 МВт, лабораториями для физических и химических исследований, а также лабораторией по радиохимии и производству изотопов. Этот Центр, созданный с технической помощью СССР, дает возможность применения ядерной энергии в мирных целях.

На Кубе идет к концу сооружение первой в республике АЭС «Хурагуа». Пуск каждого ее ядерного энергетического блока позволит сэкономить ежегодно до 600 тыс. т нефти. По непредвиденным политическим и экономическим обстоятельствам строительство этой АЭС сильно затянулось, но специалисты России и Кубы прилагают все усилия к ее скорейшему пуску.

СОТРУДНИЧЕСТВО С РАЗВИВАЮЩИМИСЯ СТРАНАМИ

СОТРУДНИЧЕСТВО С РЕСПУБЛИКОЙ ГАНА

28 февраля 1961 г. в Москве СССР и республика Гана подписали межправительственное Соглашение о сотрудничестве в использовании ядерной энергии в мирных целях.

Соглашением предусматривалось, что СССР окажет техническое содействие Республике Гана в строительстве ядерного исследовательского реактора, изотопной лаборатории, мастерской и других вспомогательных сооружений в соответствии с проектом и подготовке ганских национальных кадров по вопросам использования ядерной энергии в мирных целях.

В целях осуществления такого сотрудничества соответствующие советские организации в период 1962—1965 гг. обязывались:

выполнить проектные работы, поставить топливные элементы для пуска реактора, оборудование, приборы, материалы (которые не могут быть изысканы в Гане), необходимые для строительства ядерного реактора типа ИРТ-2000 тепловой мощностью до 2000 кВт и одной горячей камеры;

командировать в Республику Гана советских специалистов для оказания технической помощи в выборе строительной площадки, строительстве указанного реактора, монтаже, наладке и пуске в эксплуатацию поставленного из СССР оборудования, а также для обучения ганских специалистов и осуществления надзора за работой реактора в течение одного года после его ввода в эксплуатацию;

оказать содействие в создании лаборатории по производству изотопов производительностью 300 Ки в год (по готовой продукции), механической мастерской и вспомогательных сооружений, котельной и холодильной установок, электроподстанции, станции захоронения радиоактивных отходов и других сооружений (всего 23 объекта) путем выполнения проектных работ;

оказать ганским научно-исследовательским организациям консультативную и рекомендательную помощь при разработке ими планов научно-исследовательских и опытных работ по использованию ядерной энергии в мирных целях; оказывать техническое содействие Респуб-

лике Гана в создании ядерного исследовательского центра;

принять на обучение (стажирование) в СССР ганских специалистов по вопросам мирного использования ядерной энергии.

27 октября 1961 г. в развитие указанного Соглашения в Аккре был подписан контракт между «Технопромэкспортом» и ганской стороной, которым предусматривались обязательства сторон по поставке оборудования для атомного центра, командировке в Гану советских специалистов, принятие ганских специалистов для подготовки в советских институтах.

Командирование специалистов и поставки оборудования должны быть обеспечены в сроки по согласованию компетентных организаций сторон.

Поставленное на площадки Атомного центра в Гане оборудование ядерного реактора ИРТ-2000 и других объектов и сооружений по своим техническим и физическим характеристикам не уступало оборудованию реакторов таких же типов в передовых зарубежных странах. Строительство Атомного центра, а также монтажные и наладочные работы осуществлялись при техническом надзоре со стороны советских специалистов.

27 декабря 1965 г. в Москве был подписан двусторонний Протокол о завершении основных поставок оборудования для Атомного центра и о выполнении контрактных обязательств советской стороной.

Советские специалисты оказывали помощь ганским специалистам и консультировали их при строительстве, монтаже и наладке установок и оборудования, оказывали техническое содействие при строительстве в республике станции наблюдения за радиоактивными выпадениями, вели авторский надзор за соблюдением требований проекта Атомного центра.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ОБЪЕДИНЕННОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКОЙ ЕГИПЕТ

В мае 1955 г. Египетская сторона обратилась с просьбой об оказании ей научно-технического содействия в деле использования атомной энергии в мирных целях.

Совет Министров СССР 14 июля 1955 г. дал согласие на проведение переговоров с египетской стороной о поставке из СССР ядерного исследовательского реактора мощностью 100 кВт,

делящихся материалов для этого реактора, ускорителя заряженных частиц, изотопов и материалов для исследовательских работ. Кроме того, была предусмотрена возможность подготовки в СССР египетских национальных кадров, специалистов и ученых.

В январе 1956 г. состоялась встреча делегации ГКАЭ СССР и Египта. В результате переговоров делегаций 9 февраля 1956 г. был подписан контракт на оказание технического содействия Республике Египет в создании лаборатории ядерной физики путем:

поставки из СССР оборудования, приборов и материалов;

консультации заказчика в выборе строительной площадки, выполнении проектных и производственных строительных работ;

командирования в Египет советских специалистов для монтажа, наладки и пуска в эксплуатацию оборудования;

командирования в СССР четырех египетских инженеров для ознакомления с технологией сборки и работой электростатического генератора типа Ван-де-Граафа (ЭГ-2,5 МэВ).

Кроме оборудования, материалов и приборов для лаборатории ядерной физики контрактом предусматривалась также поставка в Республику Египет:

оборудования для полевых изысканий, обнаружения и анализа радиоактивных минералов, включая изыскательские работы с самолетов;

стандартных источников и спецматериалов (радий-бериллиевых источников, природного урана 3 кг, тяжелой воды 3 л, парафина для замедления нейтронов, чистого графита).

В результате проведения переговоров 12 июля 1956 г. в г. Каире были подписаны Соглашение о сотрудничестве между СССР и Республикой Египет в деле использования ядерной энергии в мирных целях и дополнительное Соглашение об оказании технического содействия Республике Египет в строительстве исследовательского ядерного реактора ВВР (Б-1).

Соглашением о сотрудничестве предусматривалось оказание технического содействия Египту, заключающегося в:

создании научных сооружений (лабораторий ядерной физики, электростатических генераторов, экспериментальных ядерных реакторов, центров геологических исследований и изысканий и др.), необходимых для обучения еги-

петских специалистов и проведения исследований в области мирного использования ядерной энергии;

поставке аппаратуры, оборудования, распиляющихся материалов, сырья и запасных частей, необходимых для пуска и эксплуатации атомных установок;

предоставлении консультаций по проектированию и строительству зданий для этих установок;

обучении египетских специалистов путем стажирования в Советском Союзе и командирования советских специалистов для этих целей в Египет;

предоставлении информации, технической документации и обмене печатными изданиями; проведении научно-исследовательских работ на ядерных установках.

Дополнительным Соглашением предусматривалось оказание технического содействия Республике Египет в строительстве около Каира (в местечке Иншас) экспериментального ядерного реактора со всем необходимым оборудованием.

Во исполнение Постановления Совета Министров СССР о поставке в Египет ядерного реактора ВВЭР и оказании технического содействия путем выполнения проектных работ, командирования советских специалистов в Египет и приема египетских специалистов в СССР для обучения и стажировки 18 сентября 1956 г. между советской и египетской сторонами был подписан контракт.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ИНДИЕЙ

Двустороннее сотрудничество между СССР и Индией осуществлялось на основе Соглашения от 6 сентября 1961 г. и Протокола 1968 г.

В мае 1971 г. в ГКАЭ СССР были рассмотрены предложения индийской стороны по развитию сотрудничества. Эти предложения включали широкий круг вопросов, касающихся реакторов на быстрых нейтронах, опреснения соленых вод, ядерной физики, изотопов. На основе предложений КАЭ Индии был разработан и подписан план научно-технического сотрудничества на 1971—1972 гг.

В соответствии с подписанным планом в декабре 1972 г. в Индии был проведен советско-индийский семинар по быстрым реакторам и физике плазмы.

В сентябре 1972 г. в СССР находилась группа индийских специалистов, которая ознакомилась с работами советских организаций в области опреснения соленых вод.

В 1971—1973 гг. в лаборатории ОИЯИ в течение различных длительных сроков работали индийские специалисты. В период с 5 по 9 января 1973 г. в СССР находилась делегация КАЭ Индии во главе с ее председателем доктором Х.П. Сетиа, которая провела переговоры с ГКАЭ СССР по уточнению плана сотрудничества.

В 1974 г. в Индию сроком на 30 дней были командированы специалисты ОИЯИ для обучения индийских специалистов по математическому обеспечению ЭВМ БЭСМ-6. В том же году в Индию выезжали специалисты из ИТЭФ для проведения работ по ядерной физике.

В связи с поручением директивных органов от 9 октября 1973 г. ГКАЭ СССР разработал предложения по сотрудничеству с КАЭ Индии и направил в 1974 г. новый проект Соглашения, составленный с учетом пожеланий индийской стороны и существенно расширяющий объем и тематику сотрудничества, особенно в области ядерной энергетики. Его подписание состоялось.

СОТРУДНИЧЕСТВО СО СТРАНАМИ СНГ

Российская Федерация традиционно поддерживает тесные связи и сотрудничает со странами СНГ в области мирного использования ядерной энергии.

Правовой базой сотрудничества является Соглашение об основных принципах сотрудничества в области мирного использования ядерной энергии от 26 июня 1992 г.

Реальной основой сотрудничества государств — участников Соглашения является действующий общий рынок ядерных материалов, технологий, специальных неядерных материалов, услуг, интеллектуальной собственности. Экономическое сотрудничество стран-участников создает условия для развития форм и процедур сотрудничества в рамках Соглашения, его углубления.

Решением Третьего Консультативного Совещания государств-участников Соглашения от 18 ноября 1993 г. были образованы рабочие

группы экспертов по следующим направлениям:

нераспространение ядерного оружия;

выработка согласованного подхода к совершенствованию государственных систем учета и контроля ядерных материалов и соответствующей нормативно-правовой базы;

согласование практики ядерного экспорта и импорта с положениями руководящих принципов ядерного экспорта, конвенции о физической защите ядерного материала;

установление принципов взаимодействия государственных систем учета и контроля ядерных материалов, унификация документального сопровождения экспорта и импорта, системы уведомлений и отчетов;

гармонизация нормативно-правового регулирования ядерной деятельности в государствах — участниках Соглашения с положениями международного правового режима;

авторский надзор за эксплуатацией энергоблоков АЭС;

переработка отработанного топлива на российских предприятиях и поставки ядерного топлива для АЭС Украины в счет компенсации за вывезенные с территории Украины ядерные боеприпасы;

общие принципы защиты информации и коммерческой тайны, передача и использование интеллектуальной собственности;

инфраструктура совместной ядерной деятельности — фонды, направленные на поддержание безопасной эксплуатации ядерных установок, передача и использование интеллектуальной собственности;

конверсия и коммерческое использование результатов НИОКР, оборудования, установок и технологий;

совместная деятельность по разработке, проектированию, размещению, эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, изысканию урановых месторождений, проектированию, сооружению, эксплуатации добывающих и рудоперерабатывающих предприятий, обращению с радиоактивными отходами.

В настоящее время Россия полностью обеспечивает потребности украинских и армянской АЭС в ядерном топливе. Поставки осуществляются по контрактам.

Рабочие группы, с привлечением широкого круга экспертов, разрабатывают практические вопросы взаимодействия компетентных орга-

нов по направлениям, формируют рекомендации по подготовке дополнительных приложений к Соглашению или соответствующих межправительственных соглашений, разрабатывают проекты соответствующих документов для рассмотрения и согласования на очередном Консультационном Соповещании.

9 сентября 1994 г. было подписано Соглашение о социальной защите и охране здоровья граждан, подвергшихся воздействию радиации в результате Чернобыльской и других радиационных катастроф и аварий, а также ядерных испытаний, где учтены вопросы социальной защиты населения.

СОТРУДНИЧЕСТВО С АРМЕНИЕЙ

При содействии Российской Федерации в соответствии с Соглашением между правительствами Армении и России о расконсервации и возобновлении промышленной эксплуатации Армянской атомной электростанции 5 ноября 1995 г. был введен в эксплуатацию блок № 2 Армянской АЭС.

Продолжается сотрудничество российских ученых с Ереванским физическим институтом на одном из крупнейших ускорителей по изучению фундаментальных свойств материи и по проекту ОНИ по изучению космических частиц.

СОТРУДНИЧЕСТВО С КАЗАХСТАНОМ

Сотрудничество между Российской Федерацией и Казахстаном в области использования ядерной энергии регулируется следующими документами:

Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о сотрудничестве и взаимных расчетах при утилизации ядерных боеприпасов от 20 января 1995 г. и Протоколом к Соглашению о сроках и порядке взаиморасчетов от 23 ноября 1995 г.;

Соглашением между Минатомом РФ и Агентством по атомной энергии Республики Казахстан и Министерством науки и технологий Республики Казахстан об использовании российских ядерных материалов в Национальном ядерном центре Казахстана;

Соглашением по демонтажу ядерного устройства, заложенного на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне до его закрытия.

Российская сторона обеспечивает утилизацию всех ядерных боеприпасов из состава стратегических ядерных сил, перечисленных в приложении к подписанному 28 марта 1994 г. Соглашению между РФ и Казахстаном о стратегических ядерных силах, временно размещенных на территории Казахстана и выводимых на территорию РФ в соответствии с согласованным сторонами графиком.

Извлеченный из ядерных боеприпасов высокообогащенный уран перерабатывается на территории РФ в низкообогащенный уран. Плутоний, извлеченный из ядерных боеприпасов, хранится на территории РФ до принятия сторонами согласованного решения относительно дальнейшего его использования. При продаже РФ США низкообогащенного урана, полученного в результате утилизации ядерных боеприпасов, Казахстан получает фиксированную долю стоимости каждой проданной партии урана на условиях действующего контракта между РФ и США.

Главами правительств стран СНГ разработан и утвержден перспективный план развития сотрудничества в мирном использовании ядерной энергии, повышения безопасности ядерных установок, в который включены предложения Минатома РФ, также предусматривающие эффективное использование реакторной базы Семипалатинского полигона в интересах всех стран Содружества.

Разработан и согласован порядок работ по вскрытию концевого бокса с ядерным устройством на Семипалатинском полигоне и процедуры обеспечения визуального осмотра внешней поверхности контейнера с ядерным устройством. 18 марта 1995 г. завершено вскрытие концевого бокса, проведен осмотр и принято решение об уничтожении ядерного устройства на месте. Второй этап работ по уничтожению ядерного устройства завершен.

Продолжается совместное изучение вопроса о дальнейшей эксплуатации атомной электростанции в г. Актау с реакторами типа БН-350 по выводу этого реактора из эксплуатации и созданию замещающих мощностей.

СОТРУДНИЧЕСТВО С УКРАИНОЙ

Сотрудничество между Российской Федерацией и Украиной в области использования

ядерной энергии регулируется следующими документами:

Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Украины о научном-техническом и экономическом сотрудничестве в области атомной энергетики от 14 января 1993 г.;

Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Украины по реализации трехсторонних договоренностей Президентов России, Украины и США от 10 мая 1994 г.

В рамках указанных Соглашений осуществляется сотрудничество по следующим основным направлениям:

авторский надзор за безопасной эксплуатацией атомных электростанций Украины;

вывоз с территории Украины ядерных боеприпасов, производство и переработка отработавшего топлива для АЭС Украины.

В соответствии с контрактом, заключенным между АО «Концерн ТВЭЛ» и Госкоматомом Украины, осуществляется поставка ядерного топлива для АЭС Украины на срок до 2000 г., в соответствии с согласованным графиком.

В рамках трехсторонних договоренностей президентов Россия вывезла с территории Украины и демонтировала значительную часть ядерных боеприпасов и осуществила поставки топлива в соответствии с условиями Соглашения. Сложившиеся в настоящий момент времени финансовые и технические условия по вывозу и демонтажу ядерных боеприпасов и переработке высокообогащенного урана, извлеченного из ядерного оружия Украины, не позволяют решать проблему демонтажа ядерного оружия в полном объеме.

Подготовлен и передан украинским организациям ряд предложений, обеспечивающих взаимовыгодное сотрудничество в области ядерного топливного цикла, которые позволяют сохранить позиции России на украинском рынке и удовлетворяют интересы топливно-энергетического комплекса Украины.

Российские организации участвуют в работах на Чернобыльской АЭС. В частности, эксплуатация первого, второго и третьего энергоблоков ведется в тесном взаимодействии с генеральным конструктором реакторной установки — Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ). По инициативе украинской сто-

роны ведется работа по созданию Международного исследовательско-технологического центра, основной задачей которого будет минимизация и преодоление последствий Чернобыльской аварии. Привлечение предприятий Минатома России к работам в рамках этого центра достаточно масштабное.

Российская Федерация и Украина сотрудничают в области обеспечения транспортирования свежего и отработавшего ядерного топлива для АЭС Украины, Венгрии, Болгарии, Словакии и Чехии. В настоящее время подписан ряд межправительственных Соглашений о сотрудничестве в области транспортирования ядерных материалов.

14 января 1994 г. в Москве президенты Клинтон, Ельцин и Кравчук подписали трехстороннее заявление, которое обязывает Украину провести «...ликвидацию всего ядерного оружия, включая стратегические наступательные вооружения, дислоцированного на ее территории, в течение семилетнего периода, установленного Договором СНВ-1».

Украина согласилась с тем, что «...все ядерные боезаряды будут переданы ... России» и все ракеты СС-24 «...на территории Украины будут деактивированы путем снятия боезарядов». В этот же временной период «...по меньшей мере 200 ядерных боезарядов баллистических ракет СС-19 и СС-24 будут переданы из Украины в Россию для демонтажа».

Украине гарантирована денежная компенсация за высокообогащенный уран, содержащийся в ядерных боеприпасах, вывезенных с территории Украины в виде выплаты США 60 млн. долларов России за 100 т низкообогащенного урана и поставкой Россией Украине на эту сумму топлива для Южно-Украинской, Запорожской, Ровенской, Хмельницкой и Чернобыльской АЭС Украины.

По состоянию на июль 1994 г. Украина передала России 240 ядерных боезарядов. В июле 1994 г. Украина отправила России еще 200 боезарядов.

В рамках трехстороннего заявления США берут на себя обязательство увеличить техническую и финансовую помощь Украине. Президент Клинтон обещал расширить помощь за пределы уже предусмотренных 175 млн. дол. После посещения Вашингтона группой экономических экспертов Украины в январе 1994 г. была достигнута договоренность об увеличе-

нии компенсации за демонтаж ядерных боеприпасов Украины до 350 млн. дол.

ДВУСТОРОННЕЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С КАПИТАЛИСТИЧЕСКИМИ СТРАНАМИ

СОТРУДНИЧЕСТВО С БЕЛЬГИЕЙ И НИДЕРЛАНДАМИ

Сотрудничество между ГКАЭ СССР, Комиссариатом по атомной энергии Бельгии и Реакторным центром Нидерландов осуществлялось на основе Соглашения, подписанного этими организациями в Брюсселе 6 марта 1965 г., которое в дальнейшем продолжалось в рамках двухлетних Протоколов.

В 1971 г. в Бельгию и Голландию на различные мероприятия выезжали четыре делегации советских специалистов. В 1972 г. в Бельгию и Голландию выезжала делегация советских специалистов по применению мощных источников излучения, а в СССР была принята бельгийско-голландская делегация по этой же тематике.

С апреля 1972 г. в ХФТИ (г. Харьков) для участия в совместных работах в области термоядерных исследований в течение 5 мес. находился голландский ученый Гудблад. Кроме ХФТИ, он посетил ИТЭФ, ИАЭ, ФИАН, НИИЭФА и ЛФТИ.

В 1973 г. в Голландии состоялся трехсторонний симпозиум по теме «Ядерно-физические исследования с использованием нейтронного излучения реакторов и ускорителей», в котором приняли участие пять советских специалистов.

В ноябре 1973 г. в Брюсселе состоялись переговоры по согласованию Протокола о сотрудничестве на 1974—1975 гг., который и был подписан 29 ноября 1973 г. В рамках этого Протокола в Бельгию и Голландию выезжала делегация советских специалистов по теме «Измерение сечений реакторных материалов путем проведения интегральных и дифференциальных экспериментов» в количестве 5 человек во главе с С.Д. Сальниковым (ФЭИ).

В 1974—1975 гг. обе стороны посетили делегации ученых для обмена опытом по переработке и захоронению радиоактивных отходов низкой, средней и высокой активности, физике твердого тела, изучению теории малонуклонных систем, внутриреакторным и вне реакторным экспериментам, измерению сечений реактор-

ных материалов путем проведения интегральных и дифференциальных экспериментов.

Программа мероприятий, предусмотренных Протоколом о сотрудничестве на 1974—1975 гг., была выполнена полностью и в согласованные сроки.

В дальнейшем сотрудничество стало носить эпизодический характер. Некоторое его расширение предполагалось в 1997 г.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ВЕЛИКОБРИТАНИЕЙ

Сотрудничество с Великобританией осуществляется в рамках Соглашения между ГКАЭ СССР и УАЭ Великобритании от 19 мая 1961 г., которое путем обмена письмами продлевается на очередные 5 лет.

С августа 1971 г. в связи с ухудшением отношений между странами сотрудничество между ГКАЭ СССР и УАЭ Великобритании практически прекратилось и было возобновлено только в середине 1973 г., когда в Англию по приглашению УАЭ были командированы два советских специалиста по физике плазмы сроком на 6 месяцев, а в сентябре того же года в ГКАЭ СССР была принята делегация английских специалистов по быстрым реакторам.

По просьбе ГКАЭ СССР от УАЭ были получены предложения по сотрудничеству на 1974—1975 гг. В рамках договоренностей в 1974 г. Англию посетила делегация советских специалистов для изучения опыта организации работ по ядерным данным, а ГКАЭ посетила делегация английских специалистов для ознакомления с работами по физике плазмы.

В 1975 г. в Англию выезжали три делегации ГКАЭ:

- по разработке топлива для быстрых реакторов и реакторному материаловедению;

- по изучению удержания плазмы в системах типа «Токомак»;

- по эксплуатации реакторов и реакторной технологии.

В том же году в ГКАЭ были приняты четыре английские делегации:

- по парогенераторам быстрых реакторов и взаимодействию натрия с водой;

- для изучения опыта работы по ядерным данным;

- по реакторной технике и компонентам;

- по философии общей конструкции реакто-

ров на быстрых нейтронах, включая вопросы теплопередачи.

Таким образом после резкого спада сотрудничества в 1971—1973 гг., сотрудничество ГКАЭ и УАЭ Великобритании вновь расширилось и достигло отвечающего интересам отрасли уровня в три—четыре делегации в год с каждой стороны. В качестве основных тем сотрудничества с учетом уровня развития этих исследований и заинтересованности обеих сторон были выбраны быстрые реакторы, термоядерные исследования и другие.

В настоящее время основными направлениями сотрудничества Российской Федерации с Великобританией в области мирного использования ядерной энергии являются, следующие пять направлений.

1. Сотрудничество в области ядерного топливного цикла, осуществляемое с компанией Бритиш Ньюклар Фьюэлз (БНФЛ). Сотрудничество Минатома России с БНФЛ осуществляется в рамках Меморандума, подписанного в марте 1995 г., определившего сотрудничество по следующим основным направлениям:

- создание хранилища природного урана;

- производство окиси урана по технологии БНФЛ «интегральный сухой процесс»;

- хранение отработавшего топлива;

- обработка и хранение радиоактивных отходов;

- конверсия концентрата урановой руды.

Одновременно прорабатываются перспективные направления сотрудничества, такие как:

- переработка тепловыделяющих элементов;

- производство топлива для реакторов ВВЭР.

2. Сотрудничество в области безопасной эксплуатации атомных электростанций, осуществляемое с компанией Ньюклар Электрик Лимитед (НЭ). Сотрудничество Минатома России с компанией НЭ осуществляется на основе Протокола и Программы сотрудничества, подписанных в Москве в июне 1990 г. и определивших следующие направления сотрудничества:

- пуск/вывод АЭС в/из эксплуатации;

- тестирование и проверка элементов оборудования и конструкций АЭС;

- радиационная безопасность АЭС;

- проектирование АЭС с реакторами ВВЭР.

3. Сотрудничество с Управлением по атомной энергии Великобритании (АЕА Технолоджи).

Сотрудничество осуществляется по следующим основным направлениям:

проектирование, строительство и безопасная эксплуатация быстрых, водо-водяных и уран-графитовых ядерных реакторов;

исследования в области управляемого термоядерного синтеза.

4. Сотрудничество в рамках межправительственного Соглашения о раннем оповещении о ядерной аварии и обмене информацией о ядерных установках от 5 мая 1990 г.

5. Сотрудничество в рамках российско-британского Меморандума о взаимопонимании между Минатомом России и Министерством обороны Великобритании в области безопасного обращения с ядерным оружием, подлежащим сокращению, от 9 ноября 1992 г.

В настоящее время английская сторона выполнила свои обязательства по поставке транспортных средств и оказала финансовую поддержку российской стороне (КБ АТО) в сумме 600 тыс. фунтов стерлингов, необходимую для ввода в эксплуатацию всей техники, переданной российской стороне. Закончена поставка в Россию суперконтейнеров. Российская сторона обратилась с просьбой о дополнительной поставке суперконтейнеров, при этом потребность в дополнительных суперконтейнерах составляет 600 штук.

Стороны договорились разработать межведомственный Меморандум о научно-техническом сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии, который включал бы в себя направления и формы сотрудничества, вопросы конфиденциальности информации и защиты интеллектуальной собственности.

В рамках Меморандума предполагается развитие научно-технического сотрудничества в области фундаментальных наук и в области безопасного обращения с ядерным оружием, подлежащим сокращению.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ДАНИЕЙ

Сотрудничество между ГКАЭ СССР и Комиссией по атомной энергии Дании началось с подписания 14 мая 1968 г. Соглашения, в рамках которого стороны обменялись делегациями по энергетическим реакторам, использованию лучевой стерилизации в медицине (датские делегации, принятые в ГКАЭ) и по

ознакомлению с опытом эксплуатации электронных линейных ускорителей, используемых для стерилизации медицинских продуктов (советская делегация, выезжавшая в Данию в 1970 г.).

В феврале 1971 г. Советский Союз посетила делегация датских специалистов по вопросам очистки и захоронения радиоактивных отходов.

Выезд ответной советской делегации по вопросам очистки и захоронения радиоактивных отходов состоялся во второй половине 1972 г.

Кроме того, ГКАЭ и КАЭ Дании взаимно обменялись делегациями в 1974 г. по физике твердого тела.

В настоящее время научно-техническое сотрудничество с Данией в области использования ядерной энергии осуществляется на основе межведомственного Соглашения между Минатомом России и Министерством внутренних дел Дании о сотрудничестве и технической помощи в области ядерной и радиационной защиты, подписанного 22 ноября 1994 г. В рамках этого Соглашения правительство Дании выделило в 1994—1995 гг. 7 млн. датских крон и в 1996 г. 4 млн. датских крон для содействия в реализации мероприятий по повышению безопасности Ленинградской АЭС. Предусматривается поставка оборудования для систем пожаротушения и контроля радиационной обстановки.

Датская сторона обратилась к ЛАЭС с предложением присоединиться к многостороннему Соглашению (Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция) по обмену данными со станций радиационного мониторинга на регулярной основе. Это предложение в настоящее время рассматривается на ЛАЭС и в Минатоме России на предмет целесообразности участия российской стороны в упомянутом Соглашении.

Ведется работа по подготовке проекта Межправительственного Соглашения об оперативном оповещении о ядерной аварии и обмене информацией о ядерных установках.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ИТАЛИЕЙ

Сотрудничество с Италией продолжало осуществляться в рамках Соглашения между ГКАЭ СССР и КНЕН Италии, подписанного в Москве в октябре 1965 г.

В Соглашении предусматривается, что обе стороны будут каждый год, поочередно встречаться в Москве и Риме для согласования конкретных программ сотрудничества и один раз в три года продлевать, при наличии взаимного желания, срок его действия.

На практике эти положения Соглашения реализовывались путем подписания Программ сотрудничества на каждые два года, а подписание этих Программ рассматривалось сторонами как очередное продление самого Соглашения.

Практическое сотрудничество началось в 1966 г. с обмена делегациями специалистов. С 1968 г. стал также практиковаться обмен учеными на длительные сроки (до одного года).

До конца 1972 г., окончания действия Программ сотрудничества на длительные сроки (от 2 до 6 мес.), обмен специалистами на длительные сроки проходил в соответствии с планом. Именно с этого периода началось многолетнее и весьма плодотворное сотрудничество между итальянскими теоретиками (Колджеро, Палумбо, Бидзари, Залло и др.) и теоретиками ИТЭФ (Ю.А.Симоновым, Л.А.Кондратюком и др.).

В ходе совместных исследований в 1972–1975 гг. ими было написано более 30 совместных работ и 5 совместных репортерских докладов.

В 1973 г. была согласована очередная (пятая) Программа сотрудничества на 1974–1975 гг., которая предусматривала обмен делегациями по трем темам и обмен специалистами по пяти темам на сроки от 3 до 12 мес.

В рамках этой Программы в 1974 г. в Италию были командированы делегации наших специалистов по:

изучению опыта работы линейных ускорителей накопительных колец, ускорителей Ван-де-Граафа и каскадных генераторов;

комплексному исследованию взаимодействия частиц высоких энергий;

разработке теории взаимодействия частиц;

ознакомлению с работами по ядерной физике.

В том же году были приняты делегации итальянских специалистов по:

ознакомлению с работами по ядерной физике высоких энергий;

комплексному исследованию взаимодействия частиц высоких энергий.

В 1975 г. продолжалась успешная реализация двухлетней Программы.

В Италию были командированы советские ученые для:

ознакомления с работами по физике плазмы и управляемым термоядерным реакциям;

исследования фундаментальной природы нуклон-антинуклонного взаимодействия;

совместного исследования по плазменному фокусу.

В том же году были приняты делегации специалистов Италии по:

ознакомлению с работами по физике плазмы и управляемым термоядерным реакциям;

комплексному исследованию частиц высоких энергий;

исследованию фундаментальной природы нуклон-антинуклонного взаимодействия.

Таким образом, Программа сотрудничества между ГКАЭ и КНЕН Италии была выполнена практически полностью и в согласованные сроки.

В настоящее время сотрудничество включает следующие направления:

физика высоких энергий и ядерная физика (Соглашение между ГКАЭ и Национальным институтом ядерной физики Италии (ИНФН) от 1979 г., Протокол о научно-техническом сотрудничестве в области физики высоких энергий и ядерной физики между Национальным Институтом ядерной физики Италии и Министерством России на 1994–1996 гг.);

физика плазмы и управляемый термоядерный синтез (Соглашение между МАЭП и ЭНЕА от 1989 г., Меморандум и Программа сотрудничества в области УТС на 1995–1996 гг.);

разработка комплексных программ расчета динамики ядерных реакторов (Соглашение между НИКИЭТ и Научно-исследовательским центром ЭНЕА (Касачча) от 1990 г.);

двустороннее сотрудничество между Министерством России (Росэнергоатом) и фирмой АН-САЛЬДО по вопросам: средства технического оснащения, эксплуатация и ремонт оборудования АЭС; модернизация и реконструкция АЭС; проектирование АЭС нового поколения; снятие АЭС с эксплуатации.

В рамках межправительственного Соглашения от 1 декабря 1993 г. между российской и итальянской сторонами осуществляется сотрудничество в области проектирования, реали-

зации и установки систем и аппаратуры, предназначенной для обнаружения и управления возникающим при аварии с ядерными боеприпасами радиоактивным загрязнением, включая распыление плутония.

Итальянской стороне был предложен российский состав совместной комиссии, создаваемой в соответствии со ст. 12 Соглашения.

В сентябре 1995 г. итальянской стороне передан перечень технических средств и оборудования с указанием аварийно-технических центров, для которых оно предназначено.

СОТРУДНИЧЕСТВО С КАНАДОЙ

Сотрудничество с Канадой осуществляется в рамках Соглашения, подписанного между ГКАЭ СССР и Канадской Государственной организацией «Атомной энергии оф Канада лимитед» (АЭКЛ) 24 января 1964 г. и продленного сторонами на очередные 5 лет в 1968 г. во время визита в Москву канадской делегации во главе с президентом АЭКЛ доктором Дж. Л. Греем.

В октябре 1971 г. состоялся визит в Канаду Председателя Совета Министров СССР А.Н. Косыгина. ГКАЭ подготовил к визиту материалы по сотрудничеству между СССР и Канадой в области мирного использования ядерной энергии.

В ходе визита А.Н. Косыгина обсуждались и вопросы сотрудничества в области ядерной энергии, в том числе вопрос о поставке из СССР тяжелой воды для третьего и четвертого блоков АЭС «Пикеринг». В письме от 5 октября 1971 г. в ГКАЭ канадская сторона заявила о срочной потребности примерно 500 т тяжелой воды в течение 1972—1974 гг., которую она готова купить по мировым ценам или арендовать.

В январе 1972 г. в ГКАЭ состоялась встреча А.М. Петросьянца с доктором Дж. Л. Греем, на которой канадская делегация основное внимание направила на конкретные поставки тяжелой воды. Среди других обсуждавшихся вопросов был также затронут вопрос о возможности совместной продажи АЭС в третьи страны.

В результате переговоров наши внешнеторговые организации поставили в Канаду 130 т тяжелой воды.

В настоящее время сотрудничество с Канадой в области мирного использования ядерной

энергии осуществляется на основе межправительственного Соглашения между СССР и Канадой, подписанного 20 ноября 1989 г., а также на основы следующих двусторонних документов:

Протокола между Министерством Российской Федерации по атомной энергии и Министерством иностранных дел и международной торговли Канады о сотрудничестве в области безопасной эксплуатации атомных электростанций с реакторами большой мощности канального типа. Во исполнение указанного Протокола разработана и подписана в декабре 1995 г. программа совместных работ по ядерной безопасности и технологии, предусматривающая проведение исследований в области безопасности канальных реакторов (типа РБМК и КАНДУ). С канадской стороны за реализацию программы по ядерной безопасности назначена фирма АЭКЛ;

Меморандума о взаимопонимании между Минатомом России и Канадской компанией «Кандесал Инкорпорейтед» по совместным работам по созданию плавучих ядерно-опреснительных комплексов на базе проекта реактора КЛТ-40 Минатома России и обратноосмотических опреснителей Кандесал. Деятельность в рамках Меморандума финансируется сторонами с привлечением средств из общественных фондов Канады.

В настоящее время прорабатывается вопрос строительства АЭС в Приморском крае, предусматривающий использование российского промышленного и научно-конструкторского потенциала при широком привлечении иностранных инвестиций. С канадской стороны в указанном международном проекте принимает участие фирма АЭКЛ.

В соответствии с Заявлением о намерениях от 2 ноября 1994 г. достигнута договоренность о проведении совместного российско-канадского технико-экономического исследования о возможности использования российского оружейного плутония для производства смешанного уран-плутониевого топлива для канадских реакторов КАНДУ.

В 1995 г. канадской стороной было принято решение о финансировании совместных работ. Подготовлен план исследования, обсуждены основные задачи и объемы работ по предстоящему технико-экономическому исследованию, а также вопросы, связанные с проведением

экспериментальных работ по инициативе «Параллекс» (параллельное облучение в реакторе NRU экспериментального уран-плутониевого топлива, изготовленного в России и США).

СОТРУДНИЧЕСТВО С НОРВЕГИЕЙ

Сотрудничество с Норвегией в области мирного использования ядерной энергии регулируется Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Королевства Норвегии об оперативном оповещении о ядерной аварии и об обмене информацией о ядерных установках от 10 января 1993 г.

В настоящее время Норвегия реализует широкомасштабную программу по повышению ядерной безопасности и предотвращению радиоактивного загрязнения в областях, примыкающих к ее границам. Северо-западный регион России является основным объектом технического содействия со стороны Норвегии. Предполагаемые к реализации мероприятия охватывают следующие области:

повышение безопасности ядерных установок (АЭС, гражданских судов с ядерными реакторами, военных судов с ядерными реакторами и перерабатывающих заводов);

хранение и обращение с отработанным топливом и радиоактивными отходами;

сброс радиоактивных отходов в Баренцево и Карское моря и их вынос в эти моря из российских рек;

природоохранные проблемы в связи с хранением ядерного оружия.

На реализацию этой программы Норвегия обязуется выделить до 130 млн. норвежских крон.

Особое внимание уделяется Кольской АЭС, как наиболее близкой к границам Норвегии. В 1993 г. в качестве безвозмездной помощи Норвегией было выделено около 20 млн. норвежских крон на обучение персонала АЭС и приобретение оборудования, необходимого для повышения эксплуатационной безопасности. Представители Норвегии входят в состав Ассамблеи Доноров Счета ядерной безопасности (СЯБ) Европейского банка реконструкции и развития (вклад Норвегии 4,4 млн. ЭКЮ). Именно по их предложению Кольская АЭС была выбрана одним из первоочередных объектов технического содействия в рамках Соглашения между Правительством Российской Фе-

дерации и ЕБРР. В проектах СЯБ от 9 июня 1995 г. Россия, Норвегия и Финляндия осуществляют совместный проект по созданию системы постоянного контроля радиационной обстановки вокруг АЭС.

В области хранения и обращения с отработанным топливом и радиоактивными отходами продолжается работа в рамках трехстороннего проекта (США — Норвегия — Россия) по повышению производительности мощностей по переработке низкоактивных отходов атомного ледокольного флота России и предпринимаются усилия по организации международного сотрудничества в целях обеспечения безопасности плавтехбазы «Лепсе», используемой для хранения высокоактивных отходов флота, включая отработанное топливо.

Российской стороной подготовлены предложения по дальнейшему развитию сотрудничества с Норвегией, которые могут быть реализованы как на двусторонней, так и многосторонней основе (Евроарктическое сотрудничество, Совет государств Балтийского моря и др.). Эти предложения соответствуют в целом плану действий по повышению ядерной безопасности в регионе, принятому правительством Норвегии. Они, в частности, включают:

создание опытно-промышленного объекта для подземной изоляции радиоактивных отходов на полуострове Башмачный архипелага Новая Земля;

создание банка данных по количеству, характеристикам, источникам образования, местам хранения радиоактивных отходов и отработавшего топлива в северном регионе России.

создание систем мониторинга в местах образования, хранения и захоронения радиоактивных отходов;

разработку комплексного технико-экономического обоснования инфраструктуры по обращению с радиоактивными отходами на российском севере.

С целью создания нормативно-правовой базы и решения организационных вопросов по прохождению таможи и налогообложения при осуществлении научно-технического сотрудничества в настоящее время подготовлено межправительственное Соглашение о сотрудничестве в области повышения безопасности окружающей среды при переработке и утилизации отработавшего ядерного топлива и ради-

ационных отходов с российских атомных подводных лодок в северном регионе.

СОТРУДНИЧЕСТВО С СОЕДИНЕННЫМИ ШТАТАМИ АМЕРИКИ

По своей организации сотрудничество с США можно разделить на три периода:

до июня 1973 г. сотрудничество осуществлялось на основе двусторонних Меморандумов в рамках Соглашения между Министерствами обеих стран и включало разнообразную тематику;

в период после июня 1973 г. до июня 1990 г. на уровне глав государств было подписано отдельное Соглашение по сотрудничеству в области мирного использования ядерной энергии;

после июня 1990 г. на уровне руководителей государств было подписано новое Соглашение о научно-техническом сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии.

В 1963 г. делегация ГКАЭ во главе с его председателем А.М. Петросьянцем посетила США и ознакомилась с такими ядерными центрами как Окриджская национальная лаборатория, Радиационная лаборатория в Сан-Франциско, Отделение ядерной химии в Беркли, Хелмская АЭС в штате Небраска, Эймская лаборатория при Университете штата Айова, Аргонская национальная лаборатория, Дрезденская АЭС и АЭС им. Энрико Ферми.

К последнему крупному мероприятию первого периода относится обмен делегациями во главе с руководителями ведомств.

С 14 по 29 апреля 1971 г. делегация Госатома под руководством А.М. Петросьянца знакомилась с научными исследованиями в области ядерной науки и техники в научных центрах США по приглашению председателя КАЭ США доктора Г. Сибора.

Делегация посетила Окриджскую национальную лабораторию, Центр по исследованиям жидких металлов (Санта-Сюзана), Национальную станцию по испытанию реакторов в Айдахо-Фоллс, Национальную ускорительную лабораторию в Батавии, Дрезденскую АЭС, завод по переработке твэлов (Дженерал Электрик), Аргонскую национальную лабораторию, АЭС им. Э. Ферми и АЭС «Индиан Пойнт».

В августе 1971 г. Советский Союз посетила

американская делегация во главе с доктором Г. Сиборгом, которая посетила Институт физики высоких энергий (г. Серпухов), Институт ядерной энергетики (г. Минск), АЭС в г. Ленинграде, Научно-исследовательский институт атомных реакторов (г. Димитровград), Институт ядерной физики Сибирского отделения АН СССР (г. Новосибирск), Институт ядерной физики АН Узбекской ССР (г. Ташкент), Физический институт (г. Ереван), Институт физики АН Грузинской ССР (г. Тбилиси), Мангышлакэнергозавод (г. Шевченко), ФЭИ (г. Обнинск), Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова и Институт физической химии АН СССР (г. Москва), Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна).

Взаимные визиты ученых создали определенные предпосылки для перехода к долгосрочным совместным исследованиям и работам по скоординированным программам.

Во время визита в США и встреч с президентом США Никсоном Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев подписал 21 июня 1973 г. Соглашение о сотрудничестве между СССР и США в области мирного использования атомной энергии, которое охватывало три основных направления: управляемый термоядерный синтез, реакторы-размножители на быстрых нейтронах и исследования фундаментальных свойств материи.

В этом Соглашении были зафиксированы не только основные цели, принципы и формы сотрудничества в данной области, но и намечено осуществление ряда организационных мер, которые должны способствовать его эффективному осуществлению. В частности, для качественного планирования и координации сотрудничества были образованы и в тот же год начали действовать Советско-американская совместная комиссия по сотрудничеству в области мирного использования ядерной энергии (САСК), а также Совместные координационные комиссии по каждому из трех вышеназванных научных направлений (СКК).

На Первой сессии САСК было утверждено Положение о Советско-Американской совместной комиссии по сотрудничеству в области мирного использования ядерной энергии, подписан Протокол между ГКАЭ СССР и КАЭ США о проведении совместных работ в области управляемого термоядерного синтеза и физики плазмы, утверждены рекомендации по

совместным программам сотрудничества в каждом из трех основных научных направлений и назначены координаторы. Стороны подтвердили, что все Протоколы и дополнения к ним, заключенные на основе Меморандума, остаются в силе и будут действовать в течение установленных в них сроков. Были рассмотрены также вопросы финансирования сотрудничества и вопросы о патентном праве.

8—11 октября 1974 г. в Москве проходила Вторая сессия САК. На сессии обсуждались итоги сотрудничества за период июнь 1973 — октябрь 1974 гг., были утверждены программа сотрудничества на 1975 г., протокол о сотрудничестве в области реакторов-размножителей на быстрых нейтронах, положение о совместной координационной комиссии по термоядерному синтезу. Было признано целесообразным создать совместную координационную комиссию по исследованиям фундаментальных свойств материи.

Третья сессия САК проходила в Вашингтоне с 3 по 5 декабря 1975 г. На этой сессии были утверждены протокол о сотрудничестве и положение о координационной комиссии в области исследования фундаментальных свойств материи. Стороны договорились об обмене делегациями специалистов по термоэмиссионным исследованиям в 1976 г., а также выразили готовность установить сотрудничество в области водо-водяных реакторов.

Сотрудничество в области Физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза. До 1972 г. сотрудничество с США в области мирного использования ядерной энергии проводилось в рамках двухгодичных Меморандумов, практически действовавших как самостоятельные Соглашения, но формально являющихся приложениями к двухлетним Соглашениям об обменах в области науки, техники, образования, культуры и других областях, заключаемым между СССР и США по линии МИД СССР.

В конце 1971 г. при подготовке Меморандума на очередной двухлетний период американская сторона предложила новый вариант, существенно отличающийся от предыдущего в части, касающейся форм обмена сотрудничества. Наибольшее внимание было уделено обменам в области управляемого термоядерного синтеза.

В ранее действовавшем Меморандуме предусматривались обмены делегациями сроком до

20 дней, визитами специалистов сроком до двух недель, специалистами сроком до одного года и информацией. Помимо этих форм обмена в проекте Меморандума на 1972—1973 гг. американской стороной предлагалось включить визиты по приглашениям, проведение совместных работ и совещаний.

Под визитами по приглашениям подразумевались приглашения директорами ряда научных организаций ученых из другой страны без необходимости официального обмена письмами между КАЭ США и ГКАЭ СССР. К числу таких организаций КАЭ предлагала отнести Принстонскую лабораторию физики плазмы, Массачусетский технологический институт, Висконсинский и Техасский университеты. Предполагалось, что ГКАЭ СССР назовет соответствующие свои организации. Для проведения совместных работ предлагалось заключить специальный Протокол между ГКАЭ СССР и КАЭ, в котором будут указаны места, программа и условия научно-технических исследований, обязанности и взаимоотношения сторон. Американская сторона предложила проведение ежегодных рабочих совещаний специалистов обеих стран по управляемым термоядерным реакциям, физике плазмы и технологии термоядерных реакторов.

К 1972 г. имелось общепризнанное преимущество Советского Союза в направлении разработки принципиальных научных основ создания термоядерного реактора на базе одной из термоядерных систем «Токомак». В Советском Союзе в связи с имеющимися в этом направлении успехами наметилась ориентация на установку «Токомак» как наиболее перспективный путь создания демонстрационного термоядерного реактора.

В США в течение 1970—1972 гг. развитию исследований на системах типа «Токомак» также уделялось большое внимание, в частности, были построены четыре крупные установки.

В указанный момент уровень финансирования работ по управляемому термоядерному синтезу в США был существенно выше, чем в СССР. Оценивалось, что США смогут преодолеть имевшееся на тот момент отставание за полтора — два года. Учитывая большой технический и промышленный потенциал США, весьма вероятным можно было предположить, что первый демонстрационный реактор на основе «Токомак» будет построен в США.

В указанный период в СССР и США исследования по управляемому термоядерному синтезу велись и по ряду других направлений, например, по «быстрым» процессам (тета-пинчи) и «взрывным» процессам (мощный лазерный луч и электронные пучки), где США находились впереди. Не исключалось, что эти исследования также могут привести к созданию термоядерного реактора.

По Протоколу от 6 февраля 1974 г. в задачу Совместной координационной комиссии по термоядерной энергии (СКК-ТЯЭ) входило:

координация и рассмотрение всех аспектов сотрудничества по данному Протоколу;

на основе этих обсуждений выдача рекомендаций ГКАЭ и КАЭ о внесении дополнений и изменений в данный Протокол через Совместную советско-американскую комиссию по сотрудничеству в области мирного использования ядерной энергии (САСК);

организация целевых научных и инженерных рабочих групп и совещаний для изучения конкретных областей исследований и разработок в области управляемого термоядерного синтеза, рассмотрение отчетов таких рабочих групп и совещаний, выработка на основе этих отчетов рекомендаций ГКАЭ и КАЭ.

Тем же Протоколом были определены возможные формы сотрудничества и научные центры стран.

Срок действия Протокола был определен в 10 лет.

Совместная координационная комиссия по термоядерной энергии была создана и приступила к выполнению поставленных перед ней задач в 1974 г. на основе специально разработанного положения.

Таким образом, к концу 1974 г. были разработаны, согласованы с партнерами и подписаны все основополагающие документы, определены цели советско-американского сотрудничества, основные формы и порядок их взаимодействия.

Результаты состоявшихся обменов признали положительными и взаимно полезными.

Ниже приводится перечень советских и американских институтов и организаций, принимавших участие в совместных мероприятиях в рамках ежегодных программ сотрудничества:

по линии ГКАЭ СССР: ИАЭ им. И.В. Курчатова, Научно-исследовательский институт им. Д.В. Ефремова, Харьковский физико-тех-

нический институт, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники, Научно-исследовательский институт, атомных реакторов, Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов;

по линии АН СССР: Физический институт П.Н. Лебедева, Ленинградский физико-технический им. А.Ф. Иоффе, Институт высоких температур, Институт ядерной физики Сибирского отделения АН СССР, Институт металлургии им. А.А. Байкова, Институт прикладной математики;

по линии Минвуза СССР: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Московский инженерно-физический институту;

по линии Минэнерго: НПО «Энергия»;

по линии республиканских академий: Институт физики АН Грузинской ССР, Ереванский физический институт в Армении.

Американские организации представляли: Лаборатория им. Лоуренса в Ливерморе, Научная лаборатория в Лос-Аламосе, Окриджская национальная лаборатория, Принстонская лаборатория физики плазмы, Аргонская национальная лаборатория, Массачусетский технологический институт, Техасский университет, Калифорнийский университет, Мэрилендский университет, Висконсинский университет, Корнельский университет, фирма «Математикал Сайенсиз, Норс-Вест, инк», Вашингтонский университет, фирма «Сандиа», фирма «Вестингауз электрик», фирма «Магдолнел Дуглас», фирма «Дженерал электрик», фирма «ТРСС», Военно-морской исследовательский центр, Национальное бюро стандартов.

В 1990 г. с учетом итогов сотрудничества за предыдущие годы было подготовлено и 1 июня 1992 г. подписано новое межгосударственное Соглашение о научно-техническом сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии. Оно включало:

управляемый термоядерный синтез;

безопасность быстрых реакторов-размножителей;

исследования фундаментальных свойств материи;

безопасность гражданских ядерных реакторов.

В дальнейшем работы по безопасности быстрых реакторов-размножителей постепенно

были прекращены, так как США свернули работы по этой тематике внутри страны. Сотрудничество по остальным направлениям успешно продолжалось на ранее созданном фундаменте.

Новые задачи выдвинули на одно из первых мест вопросы повышения безопасности российской ядерной энергетики. Следствием этого явилась инициатива западных стран по оказанию помощи России.

В развитие этой инициативы 16 декабря 1993 г. в Москве между правительствами России и США было подписано Соглашение о повышении эксплуатационной безопасности, мерах по снижению риска и нормах ядерной безопасности в отношении гражданских ядерных установок в Российской Федерации.

Это Соглашение углубляло сотрудничество по аналогичной тематике, предусмотренное упоминавшимся ранее Соглашением 1990 г. Было подготовлено более 40 проектов по различным аспектам повышения безопасности, на реализацию которых только на 1992—95 гг. США выделило 70 млн. дол.

Новая политическая ситуация в мире в начале 90-х годов, выразившаяся во все большем росте доверия между государствами мира, привела к принятию важнейших политических решений, в частности, о сокращении ядерного оружия. В свою очередь, это определило новое важнейшее направление сотрудничества между Россией и США — совместное решение научно-технических проблем по уничтожению ядерных боеприпасов, использованию высвободившихся ядерных материалов в ядерной энергетике, по обмену технической информацией в области сохранности и безопасности ядерных боеприпасов и др.

Соглашение между правительствами РФ и США по обмену технической информацией в области сохранности и безопасности ядерных боеприпасов. Соглашение явилось важным событием в деле повышения сохранности и безопасности как самих ядерных боеприпасов, так и материалов, входящих в них, как в России, так и в США, путем разработки скоординированных процедур обмена технической информацией. Соглашение вступило в силу в начале июня 1995 г. Согласовано осуществление обмена информацией по следующим направлениям:

технология повышения безопасности ядер-

ных боеприпасов и материалов при демонтаже боеприпасов;

технология повышения безопасности, сохранности и физической защиты ядерных боеприпасов и их компонентов за счет внешних средств;

разработка критериев по публикации в открытой печати информации о конструкции ядерных боеприпасов.

Контроль, учет и физическая защита ядерных материалов. Президенты России и США на встрече в сентябре 1994 г. отметили, что сотрудничество в вопросах физической защиты, контроля и учета ядерных материалов развивается как на межправительственном уровне, так и между научно-исследовательскими организациями России и лабораториями США.

Отмечается определенный прогресс в рамках межправительственного Соглашения по учету, контролю и физической защите ядерных материалов, достигнутый российскими и американскими специалистами. Позднее состоялось подписание Дополнения к Соглашению, предусматривающему увеличение помощи США с 10 до 30 млн. дол. и включение в зону действия Соглашения ряда дополнительных организаций.

В феврале 1995 г. была передана первая партия американского оборудования для отработки методики по учету, контролю и физической защите ядерных материалов и проведено обучение специалистов машиностроительного завода в г. Электростали.

Американская сторона выразила заинтересованность в расширении сотрудничества по совершенствованию методов контроля, учета и физической защиты на установке ПО «Маяк», на линии по производству топлива для быстрых реакторов на заводе в г. Электростали, в ряде институтов отрасли (в городах Димитровграде, Обнинске).

Проведено обсуждение вопроса по созданию учебного центра в Обнинске, предназначенного для подготовки специалистов по контролю, учету и физической защите ядерных материалов. Американская сторона представила на рассмотрение свой план работ по учебно-тренировочному центру.

Следует отметить высокий уровень межлабораторного сотрудничества «Арзамас-16» и Лос-Аламосской лаборатории по созданию системы учета и контроля ядерных материалов. В

«Арзамас-16» создан образец этой автоматизированной системы.

Программа сотрудничества в области конверсии высоких оборонных технологий. Американская сторона заявила в начале 1994 г. о создании программы партнерства промышленности США и стран СНГ, направленной на активизацию научно-технического сотрудничества в области конверсии оборонных технологий. На программу было предусмотрено выделение 35 млн. дол. США.

Минатом России и его учреждения выразили готовность к сотрудничеству с Министерством энергетики США, национальными лабораториями, компаниями и фирмами в рамках указанной программы, считая целесообразным, чтобы российские ученые-специалисты в области создания оружия массового поражения могли как можно скорее переключиться на гражданские исследования и разработки мирных технологий совместно с национальными лабораториями Министерства энергетики США. Возможный коммерческий успех от внедрения этих технологий может привести к долговременному и саморазвивающемуся сотрудничеству между американскими компаниями и научно-исследовательскими институтами России.

Российской стороной был внесен ряд конкретных предложений, заслуживающих самого серьезного рассмотрения. К ним относятся проект создания энергоустановок на основе электрохимических генераторов, сотрудничество по производству веществ на основе нанотехнологии и целый ряд других предложений. По всем темам имеются достаточные наработки российских ученых. Российские и американские ученые готовы начать полномасштабное сотрудничество. Положительным в решении данной задачи следует отметить подготовку технико-экономического обоснования по проекту создания энергоустановок на электрохимических генераторах.

Российско-американское сотрудничество по проблемам ликвидации ядерного оружия и предотвращения его распространения осуществляется на основе Рамочного Соглашения между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки относительно безопасных и надежных способов перевозки, хранения и уничтожения оружия и предотвращения распространения оружия, заключенного

17 июня 1992 г. В развитие этого Соглашения подписано семь Соглашений между Минатомом России и Министерством обороны США, в частности:

- о предоставлении контейнеров для расщепляющихся материалов;
- о поставке комплектов для переоборудования железнодорожных грузовых и сторожевых вагонов;
- о предоставлении оборудования для ликвидации последствий аварийных ситуаций и связанного с ним обучения;
- о поставке защитных покрытий;
- о проектировании хранилища для делящихся материалов;
- о строительстве хранилища делящихся материалов.

США участвуют также в реализации Соглашения об учреждении Международного научно-технического центра.

Общая сумма финансовых средств, предусмотренных США для реализации данных Соглашений, составляет 215 млн. дол.

В 1988 г. были проведены совместные с США эксперименты по контролю за ядерными испытаниями на Невадском ядерном полигоне с участием советских ученых и специалистов и на Семипалатинском полигоне с участием большой группы американских специалистов.

Главными в этой необычайной по исполнению акции были полное доверие, полная открытость к установлению совместного контроля на пути к запрещению производства ядерного оружия.

В соответствии с обязательствами, взятыми на себя российской стороной, на предприятиях Минатома в октябре 1994 г. начата переработка высокообогащенного урана (ВОУ), извлеченного из ядерного оружия, в низкообогащенный уран (НОУ) для топлива АЭС.

В соответствии с Соглашением между правительствами США и РФ об остановке реакторов по производству плутония Российская сторона подтверждает свои обязательства в том, что вновь наработанный плутоний больше не будет использоваться в ядерном оружии.

Мы исходим из того, что принятие согласованных с американской стороной шагов основывается на понимании, что замещающие источники энергии должны быть введены в эксплуатацию не позже 2000 г.

Изучается также возможность осуществления модернизации активной зоны действующих промышленных реакторов, с целью приближения изотопного состава плутония к составу, образуемому в энергетических реакторах.

Организация и осуществление двустороннего научно-технического сотрудничества Российских ядерных федеральных центров с различными странами и организациями. В 1993 г. активизировалось сотрудничество Федеральных ядерных оружейных центров России и оружейных лабораторий США.

В 1992 г. в результате взаимных визитов руководителей российских ядерных оружейных центров в США и руководителей национальных лабораторий США в Россию подписан Протокол о совместном научно-техническом сотрудничестве ученых двух стран.

В рамках указанного Протокола проведен ряд симпозиумов по защите окружающей среды, математическому моделированию, оценке риска и реакции сложных инженерных систем на аномальные внешние воздействия, обеспечению безопасной транспортировки, опасным материалам.

В 1993 г. в г. Альбукерке в Сандийской национальной лаборатории состоялся двусторонний семинар по ядерной безопасности. В семинаре приняли участие специалисты ВНИИ-ЭФ, ВНИИТФ, ОКБМ, ФЭИ, НИИАР, НИКИЭТ и ЛАНЛ, ЛЛНЛ, СЛ, АНЛ, БНЛ. В ходе семинара участники определили основные направления сотрудничества научных организаций России и США в области ядерной безопасности и определили перечень совместных проектов, возможных для осуществления по линии МНТЦ.

В рамках программы конверсии Агентства по контролю за вооружениями и разоружением в 1993—1995 гг. в Бостоне, Москве и Сан-Франциско проведены учебные семинары по элементам конверсии оборонных производств. Преподаватели из Бостонского университета и специалисты оружейных лабораторий США провели семинарские занятия и прочитали лекции по теории и практике работы лабораторий в условиях рыночной экономики и конверсии для сотрудников ВНИИТФ, ВНИИЭФ, НИИИТ и ВНИИА.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ФРГ

Первые контакты между советской и западногерманской сторонами по вопросу установления сотрудничества в области мирного использования ядерной энергии состоялись в 1970 г., когда с 17 по 20 сентября в ГКНТ находилась делегация Западной Германии во главе с министром образования и науки ФРГ профессором Гансом Лейсинком.

23 сентября 1970 г. министра Лейсинка принял председатель ГКАЭ А.М.Петросьянц. В ноябре 1970 г. в Москву приехала делегация экспертов из ФРГ во главе с руководителем подотдела международных связей Министерства образования и науки ФРГ доктором Шмидт-Кюстером, которая 23—27 ноября вела в ГКАЭ переговоры о сотрудничестве.

В результате переговоров было согласовано Коммюнике, в котором:

определились области сотрудничества (физика плазмы, физика высоких энергий, исследования с тяжелыми ионами);

указывались институты и организации в СССР и ФРГ, представляющие интерес для взаимного посещения учеными обеих стран;

отмечалось, что прежде чем заключить соглашение, желательно обменяться делегациями ученых для взаимного ознакомления с научными центрами обеих стран, характером и уровнем ведущихся там работ.

Было договорено, что СССР посетят специалисты ФРГ в области высоких энергий, а ФРГ посетят советские ученые в области физики плазмы.

18—29 апреля 1971 г. делегация из девяти специалистов ФРГ в области физики высоких энергий во главе с профессором Высшей технической школы из Аахена г-ном Файсснером находилась в СССР. Она посетила ряд институтов ГКАЭ и АН СССР в Москве, Новосибирске, Ленинграде и Ереване. В беседах в ГКАЭ члены делегации подчеркивали заинтересованность специалистов ФРГ в сотрудничестве с советскими учеными.

Профессор Файсснер и советник посольства ФРГ в СССР г-н Бреннер поднимали вопрос о желательности (пока нет межведомственного и межправительственного соглашений) заключать соглашения о сотрудничестве между отдельными институтами ФРГ и СССР, например, между Институтом Физики ВТШ г. Аахе-

на и Институтом ядерной физики СО АН СССР (директор академик А.М. Будкер.)

В июне 1971 г. советник посольства СССР в ФРГ В.М. Максимов сообщил, что Управление внешних сношений (УВС) Министерства образования и науки ФРГ считает, что основа для сотрудничества между нашими странами уже создана согласованным Коммюнике о переговорах между делегациями экспертов ГКАЭ и Федерального министерства образования и науки, проходивших в г. Москве 23—27 ноября 1970 г. Одновременно сотрудник УВС Министерства образования и науки ФРГ доктор Маркус сообщил, что в соответствии с Коммюнике немцы готовы принять в 1971 г. делегацию ГКАЭ для продолжения переговоров о сотрудничестве. Кроме того г-н Маркус передал приглашение советским специалистам в области физики высоких энергий посетить ФРГ в ответ на делегацию Файсснера. С 31 мая по 12 июня 1971 г. в ФРГ находилась делегация советских специалистов по физике плазмы во главе с зам. директора ХФТИ В.Т. Толоком. Она посетила ряд ядерных объектов в Юлихе, Бохуме, Гарсинге и Штутгарте. По мнению наших специалистов западные немцы создали прекрасную экспериментальную базу и несомненно, в ближайшее время могут достигнуть серьезных успехов.

В 1971 г. в СССР была принята делегация из ФРГ во главе с ответственным работником Министерства образования и науки г-ном Дойнертом, которая ознакомилась с нашими достижениями в области реакторов на быстрых нейтронах и обсудила вопросы возможного сотрудничества в этой области. По взаимной договоренности между ГКАЭ СССР и Министерством образования и науки ФРГ стороны приступили к подготовке соглашения о сотрудничестве между ними.

4 сентября 1972 г. через посольство ФРГ в СССР был передан проект Соглашения между Госкомитетом и Министерством образования и науки ФРГ (позже переименованным в Министерство по научным исследованиям и технологии), согласованный в установленном порядке, а с 8 по 25 декабря 1972 г. делегация Госкомитета посетила ФРГ, где ознакомилась с ядерным центром и провела переговоры с представителями Министерства по научным исследованиям и технологии по тексту проекта Соглашения, подписание которого предпо-

лагалось одновременно или после подписания общего Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между СССР и ФРГ. В ходе переговоров немецкая сторона не высказала замечаний по проекту Соглашения, однако заявила, что его подписание может состояться только после того, как будет подписан Рамочный Межправительственный Договор о научно-техническом сотрудничестве между нашими странами. Эта позиция немецкой стороны не изменилась до настоящего времени.

В 1973 г. в рамках ранее достигнутых договоренностей об ознакомительных поездках в ФРГ выезжали делегации специалистов:

по ознакомлению с работами по быстрым реакторам (5 чел. во главе с Л.А. Кочетковым, ФЭИ);

по изучению опыта проведения научных исследований в области физики высоких энергий (6 чел. во главе с С.Г. Матиняном, ЕрФИ);

по проведению совместных работ по физике плазмы из ХФТИ.

В 1973 г. вновь назначенный посол ФРГ в СССР г-н Замм нанес официальный визит председателю ГКАЭ А.М. Петросьянцу. В беседе он выразил надежду на скорое подписание Соглашения о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии.

В настоящее время сотрудничество между Россией и ФРГ в области мирного использования ядерной энергии осуществляется по широкому спектру направлений: научно-техническое, промышленное, безопасное уничтожение ядерного оружия и использование оружейных делящихся материалов в мирных целях, физическая защита ядерных материалов.

Научно-техническое сотрудничество включает следующие основные направления: безопасность реакторов типа ВВЭР и РБМК, управляемый термоядерный синтез, фундаментальные свойства материи, радиационная безопасность. По этим направлениям ведутся совместные работы на российских и германских предприятиях, организуются семинары и другие научно-технические мероприятия. Стороны регулярно обмениваются информацией о состоянии безопасности ядерных установок.

Промышленное сотрудничество включает: безвозмездную помощь в виде поставок оборудования, важного для безопасной эксплуатации Балаковской АЭС, за счет средств, выделенных правительством ФРГ;

участие в разработке проекта и оборудования российского реактора нового типа ВВЭР-640 в г. Сосновый Бор, инженерно-технические работы по базовому проекту и конкретное проектирование отдельных систем АЭС, организацию производства автоматизированной системы управления по германской лицензии, поставки товаров и услуг;

обучение оперативного персонала российских АЭС, а также исследовательских и опытных реакторов;

работу со средствами массовой информации в связи со строительством и эксплуатацией ядерных объектов.

Сотрудничество с ФРГ в области ядерного разоружения включает оказание безвозмездной помощи со стороны ФРГ при решении вопросов использования плутония, полученного в результате демонтажа ядерного оружия России, в целях производства смешанного топлива для ядерных реакторов. Она оказывается как путем совместных исследований, так и в виде поставок немецкого оборудования для ликвидации аварийных ситуаций при обращении с демонтируемыми ядерными боеприпасами.

На осуществление этих исследований германская сторона выделила в 1995 г. до 2 млн. немецких марок. Такая же сумма была выделена в 1996 г.

Важное место в будущем должно занять сотрудничество в области конверсии ядерно-оружейного комплекса.

Через Европейскую Комиссию ФРГ активно участвует в деятельности Международного научно-технического центра, предназначенного для разработки и осуществления конверсионных проектов с участием российских ученых и специалистов, ранее участвовавших в создании ядерного оружия.

Не менее важной областью сотрудничества является оказание безвозмездной технической помощи со стороны ФРГ для внедрения эффективных мер физической защиты ядерных материалов и установок.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ФРАНЦИЕЙ

Первое советско-французское Соглашение о сотрудничестве по мирному использованию ядерной энергии было подписано в 1960 г., а в 1966 г. в Москве было заключено Соглашение между ГКАЭ СССР и Комиссариатом атомной

энергии (КАЭ) Франции о проведении научно-исследовательских работ в области физики высоких энергий на Серпуховском ускорителе, которое явилось большим шагом в развитии крупномасштабных долговременных совместных советско-французских исследований в области физики высоких энергий. В его рамках с 1971 г. начали успешно проводиться совместные исследования на Серпуховском ускорителе с использованием одной из крупнейших в мире французской жидководородной пузырьковой камеры «Мирабель», которые дали чрезвычайно интересную научную информацию, обобщенную и представленную в десятках совместных докладов и сообщений советско-французских авторских коллективов.

20 мая 1967 г. было подписано Соглашение о сотрудничестве в области использования ядерной энергии в мирных целях между ГКАЭ СССР и КАЭ Франции. Это Соглашение предусматривало организацию сотрудничества в широком спектре тем, касающихся ядерной энергии (кроме физики высоких энергий, сотрудничество по которой осуществлялось в рамках упомянутого Соглашения от 1966 г.), и определяло организационные и финансовые вопросы этого сотрудничества.

В рамках этого Соглашения в 1969 г. был подписан Протокол, которым было намечено проведение серии советско-французских коллоквиумов по:

- физике быстрых реакторов в СССР;
- тепловыделяющим элементам быстрых реакторов (во Франции и СССР);
- технологии быстрых реакторов (во Франции и СССР);
- ядерным данным для расчетов реакторов (в СССР).

Реализация этих мероприятий заняла около четырех лет, поскольку в те годы основное внимание сторон уделялось организации и осуществлению сотрудничества в области физики высоких энергий.

В 1973 г. по взаимной договоренности стороны провели серию встреч экспертных групп специалистов для разработки дальнейших планов сотрудничества по отдельным темам (по быстрым реакторам, термоядерным исследованиям и опреснению).

На основе подготовленных этими группами планов мероприятий в июне 1974 г. был подписан Протокол о сотрудничестве на 1974—

1975 годы между ГКАЭ СССР и КАЭ Франции.

Протокол был подписан в Париже в ходе очередной IX сессии смешанной советско-французской (Большой) Комиссии по научно-техническому и экономическому сотрудничеству. В работе IX сессии от ГКАЭ (как и в работе VII и VIII сессий) приняли участие А. М. Петросьянц и Б. А. Семенов.

Начиная с Протокола 1974 г. сотрудничество приняло четкий и регулярный характер. Все последующие Протоколы разрабатывались и подписывались на два года.

В 1971 г. в Институте физики высоких энергий (г. Серпухов) была введена в строй крупнейшая в Европе жидководородная пузырьковая камера «Мирабель», созданная французскими специалистами. Торжественное открытие состоялось 15 октября 1971 г. Камера «Мирабель» являлась уникальным сооружением. Благодаря большому опыту французских специалистов в сооружении водородных камер «Мирабель» была подготовлена достаточно быстро (всего за четыре года), перевезена из Франции и установлена в Серпухове в павильоне, оборудованном советской стороной специально под монтаж камеры и оснащенный необходимым вспомогательным оборудованием. Обработка снимков проводилась как в Институте физики высоких энергий, так и в Сакле. Вопросам обработки экспериментальных данных было посвящено заседание смешанной советско-французской научной комиссии, состоявшееся в ноябре 1971 в г. Серпухове.

Советские специалисты смонтировали и наладили канал № 7 длиной 500 м для транспортировки пучка протонов от внутренней мишени ускорителя до камеры «Мирабель». Для получения сепарированных пучков на канале № 7 совместно с ЦЕРН были созданы высокочастотные сепараторы и система быстрого вывода протонов, которые представляют собой уникальные и сложные системы. 5 февраля 1972 г. с помощью этой системы на Серпуховском ускорителе был осуществлен вывод пучка протонов, а в апреле 1972 г. с помощью высокочастотного сепаратора были получены пучки К-мезонов с импульсом 32 ГэВ/с.

Таким образом было завершено создание гигантского экспериментального комплекса, включавшего Серпуховский ускоритель. Французскую жидководородную камеру «Ми-

рабель», канал заряженных частиц с системами быстрого вывода протонов и сепарации вторичных частиц на базе оборудования, изготовленного и поставленного Европейским центром ядерных исследований (ЦЕРН). Обработка и исследование результатов совместных экспериментов выполнялись в Сакле, лабораториях Советского Союза и в странах — участницах ЦЕРН.

Помимо сотрудничества с использованием французской жидководородной камеры «Мирабель» в рамках указанного Соглашения был подготовлен совместный эксперимент с электроникой. Для этой цели в Сакле была создана и перевезена в ИФВЭ уникальная установка с поляризованной мишенью. Исследования с использованием французской экспериментальной установки «Гера», включающей в себя поляризованную водородную мишень, регистрирующую электронную аппаратуру и малую ЭВМ, начались в декабре 1971 г.

Французской и советской сторонами была проделана большая подготовительная работа по разработке и созданию физической аппаратуры, проектированию и сооружению каналов пучков частиц (в сооружении системы быстрого вывода протонов ускорителя и высокочастотного сепаратора принял участие ЦЕРН) и специализированных помещений, а также по транспортировке оборудования из Франции в Советский Союз и его монтажу в Институте физике высоких энергий.

Программа физических исследований на камере «Мирабель» определялась смешанной научной комиссией.

Основная часть работ, связанных с эксплуатацией камеры, осуществлялась французскими специалистами. В 1973 г. в ИФВЭ постоянно находилось около 50 французских специалистов, вместе с членами их семей это составляло примерно 150 чел.

Камера «Мирабель» успешно работала как в пучках протонов с энергией 50—70 ГэВ, так и в чистых пучках сепарированных частиц.

Предварительные результаты эксперимента с отрицательными частицами были доложены на конференции в г. Экс-Ан-Провансе (Франция).

Продолжалось успешно развиваться сотрудничество между ГКАЭ СССР и КАЭ Франции, осуществляемое на основе общего Соглашения, подписанного между двумя ведомствами

20 мая 1967 г. Одной из основных областей сотрудничества являлись реакторы на быстрых нейтронах.

Начиная с 1970 г. во Франции проводились коллоквиумы по тепловыделяющим элементам реакторов, а также коллоквиум, посвященный технологии реакторов на быстрых нейтронах. В СССР были проведены коллоквиумы по физике быстрых реакторов и ядерным данным для расчета реакторов.

В 1972 г. в СССР был проведен коллоквиум по тепловыделяющим элементам реакторов на быстрых нейтронах, а в марте 1973 г. проведен советско-французский коллоквиум по технологии реакторов на быстрых нейтронах.

Кроме того, французские специалисты получили возможность ознакомиться с работами, проводимыми по интересующей их тематике в других институтах Советского Союза, и с работами по физическому пуску реактора БН-350 (г. Шевченко).

С целью подведения итогов обменов в этой области и для согласования плана будущего сотрудничества по быстрым реакторам в Париже в июле 1973 г. состоялось совместное заседание советских и французских экспертов. На заседании были подробно рассмотрены тематика и формы сотрудничества по быстрым реакторам на 1973—1975 гг.

Развивалось советско-французское сотрудничество в области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза.

В марте 1973 г. в Москве прошло совместное заседание советско-французских экспертов по управляемому термоядерному синтезу, на котором были согласованы и приняты совместные предложения по сотрудничеству на 1973—1975 гг. и включению их в программу сотрудничества.

Значительным моментом в сотрудничестве между двумя странами явилось подписание в Париже 28 мая 1971 г. контракта на предоставление услуг советскими предприятиями по обогащению естественного урана, поставляемого Францией, для французских АЭС.

Стороны накопили большой опыт по сотрудничеству в области реакторов на быстрых нейтронах. В Протоколе на 1974—1975 гг., на основе опыта, были намечены дальнейшие планы по его углублению. В нем предусматривалось организовать обмены в ставших уже традиционными формах (четыре совместных

семинара по различным темам, по две делегации специалистов по конкретной тематике с каждой стороны, обмен специалистами-исследователями на длительные сроки, совместные исследования по согласованным темам и обмен информацией).

Советские специалисты предложили, а французские с интересом приняли предложение обменяться документацией по техническим проектам реакторов и основного оборудования «БН-350», «Феникс», «БН-600» и «Супер-Феникс». Обмен предполагалось осуществить в 1974—1975 гг.

Таким образом, сотрудничество СССР и Франции в области реакторов на быстрых нейтронах вступило в новый этап, для которого характерным явилось сотрудничество с взаимовыгодным использованием в практике достижений советских и французских ученых и специалистов и согласование их усилий по некоторым вопросам.

В области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза было намечено расширение сотрудничества по двум основным направлениям:

исследование высокотемпературной плазмы в замкнутых системах;

высокочастотные методы нагрева плазмы в замкнутых системах.

Была достигнута договоренность о развитии сотрудничества по опреснению соленых вод.

ГКАЭ СССР и КАЭ Франции был рассмотрен вопрос об организации сотрудничества по новой теме в области водо-водяных реакторов.

В результате обмена была разработана двухлетняя программа сотрудничества, включающая проведение трех советско-французских семинаров по физике, конструкционным материалам, технологическим и другим вопросам водо-водяных реакторов. Советские и французские специалисты изучали вопрос о возможности сотрудничества еще в одной новой области, а именно по реакторам с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую.

Таким образом видно, что сотрудничество между Россией и Францией в ядерной области имеет давние традиции. В настоящее время оно в первую очередь направлено на повышение уровня безопасности и осуществляется по широкому спектру направлений: научно-техническое, а также сотрудничество в области безопасного уничтожения ядерного оружия и

использования оружейных делящихся материалов в мирных целях.

19 апреля 1996 г. состоялось подписание Рамочного Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в области ядерной энергии. Это Соглашение охватывает все аспекты ядерного комплекса.

Наряду с указанным Соглашением между правительствами РФ и Франции подписано также Соглашение о научно-техническом сотрудничестве и поставках высокообогащенного урана.

Во исполнение указанного Соглашения 7 июля 1996 г. было подписано Рамочное Соглашение между Минатомом РФ и и КАЭ Франции о научно-техническом сотрудничестве на базе Института Макс фон Лауэ-Поль Ланжевена (ИЛЛ) и поставках высокообогащенного урана, в котором определены конкретные условия научно-технического сотрудничества и поставок ВОУ, предназначенного для изготовления твэлов для высокопоточного реактора ИЛЛ и исследовательского реактора «Орфей» КАЭ Франции.

Согласно этим документам Минатом России в течение девяти лет поставит 495 кг ВОУ для ИЛЛ и 125 кг ВОУ для КАЭ. Из этого количества:

282,861 кг для ИЛЛ поставляются в обмен за использование российскими учеными экспериментальных установок ИЛЛ;

74,4 кг КАЭ — как погашение задолженности за научно-исследовательское оборудование, поставленное ранее для УНК ИФВЭ;

262,739 кг (212,149 кг для ИЛЛ и 50,6 кг для КАЭ) оплачиваются французской стороной.

Полученные от французской стороны средства за оплачиваемую часть ВОУ предназначены для оплаты затрат предприятий и организаций Минатома России, связанных с реализацией данных поставок, в частности на изготовление удовлетворяющего спецификации материала из имеющихся в России запасов ВОУ, оплату сырьевой составляющей, транспортные расходы внутри России, получение сертификатов и лицензий и т. д.

На основании вышеуказанных соглашений ВАО «Техснабэкспорт» заключил контракты с КАЭ Франции и ИЛЛ на поставку ВОУ. Вступление в силу этих контрактов обусловлено получением всех необходимых для осуществ-

ления поставок разрешений российских компетентных органов.

Научно-техническое и промышленное сотрудничество осуществляется на основе ранее подписанных документов:

Соглашения между Министерством РФ по атомной энергии и Комиссариатом по атомной энергии Франции по мирному использованию атомной энергии (20 ноября 1989 г.);

Соглашения между Минатомом РФ и фирмой КОЖЕМА по мирному использованию атомной энергии (31 июля 1992 г.);

Меморандума о сотрудничестве между Минатомом РФ, Росэнергоатомом и ЭДФ в области повышения безопасности атомных электростанций (29 мая 1995 г.).

С Комиссариатом по атомной энергии Франции сотрудничество охватывает такие направления как: ядерная безопасность, реакторы будущих поколений, подготовка персонала АЭС, ядерный топливный цикл, фундаментальные исследования, информирование общественности, экономические, правовые аспекты в ядерной энергетике и ряд других направлений.

Сотрудничество с фирмой Электриситэ Де Франс (ЭДФ) направлено на повышение безопасности АЭС и включает весь спектр проблем по подготовке и обучению персонала; взаимодействие в области проектирования, строительства, эксплуатации АЭС; вопросы модернизации ядерных установок и оборудования; внедрение новых технологий, обмен персоналом, а также создание в России Центра методов неразрушающего контроля металла оборудования АЭС (это направление финансируется ЭДФ).

Сотрудничество с фирмой КОЖЕМА осуществляется в основном в области ядерного топливного цикла, в частности, по обогащению урана. Первые долгосрочные контракты на предоставление услуг российской стороной по переработке и обогащению урана для французских АЭС были заключены с фирмой КОЖЕМА.

Росэнергоатомом и непосредственно АЭС совместно с проектными институтами Минатома России осуществляется также сотрудничество по отдельным договорам и контрактам с рядом французских фирм.

Россия осуществляет широкое и эффективное сотрудничество с Францией в области безопасного уничтожения ядерного оружия (Программа АИДА) в рамках:

Рамочного Соглашения между Правительст-

вом Российской Федерации и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в области безопасного уничтожения ядерного оружия в России и использования в мирных целях высвобождаемых оружейных ядерных материалов от 12 ноября 1992 г.;

2) Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики в области безопасности и мониторинга радиационной обстановки при транспортировке, складировании и уничтожении ядерного оружия в России от 12 ноября 1992 г.;

3) Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в целях обеспечения надежности и безопасности транспортировки ядерного оружия в России от 20 сентября 1993 г.;

4) Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в области демонтажа ядерного оружия в России от 20 октября 1993 г.;

5) Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о хранении в безопасных условиях водородсодержащих литиевых материалов, полученных при демонтаже ядерного оружия в России от 17 ноября 1994 г.;

6) Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в области использования в мирных целях ядерных материалов, высвобождаемых в результате уничтожения ядерного оружия от 12 ноября 1992 г.

В рамках Соглашения, указанного в п. 2, предусмотрена поставка в Россию:

систем «Виза» и «Инспектор» (указанные системы размещены на специальном транспортном средстве и обеспечивают радиационный мониторинг загрязнения окружающей среды);

системы для гамма-картографии «Гелинюк» (система предназначена для картографии и оценки радиационной обстановки загрязненной территории с воздуха).

Соглашение выполнено полностью.

В рамках Соглашения, указанного в п. 3, ведутся совместные работы по проектированию и изготовлению суперконтейнера для безопасной и надежно защищенной перевозки компо-

нентов сокращаемого ядерного оружия России. Планируется изготовить и поставить в Россию в течение 1997 г. 100 суперконтейнеров общей стоимостью около 50 млн. франков. Первые три суперконтейнера были поставлены в Россию в конце сентября 1996 г.

В рамках Соглашения, указанного в п. 4, французская сторона поставила в Россию карусельный станок для отделения различных покрытий механических конструкций, который был смонтирован и пущен в эксплуатацию в феврале 1996 г., а также три ленточно-отрезных станка для разрезания механических конструкций и отделения материалов, которые пущены в эксплуатацию в январе 1996 г. Программа по станочному оборудованию выполнена полностью.

В рамках Соглашения, указанного в п. 5, осуществляется сооружение в Новосибирске хранилища водородсодержащих литиевых материалов. Хранилище обеспечивает надежное, безопасное хранение в специальных контейнерах водородсодержащих литиевых материалов, полученных в результате демонтажа ядерного оружия. В 1996 г. поставлено оборудование на сумму примерно 7 млн. франков.

В рамках Соглашения, указанного в п. 6, стороны инициировали совместную Программу исследований, получившую название АИДА, рассчитанную на четыре года с момента подписания Соглашения. Одним из направлений Программы АИДА является определение основных параметров установки по производству смешанного уран-плутониевого топлива (МОХ). Эта часть Программы АИДА получила название Программа АИДА-МОХ.

Программа АИДА-МОХ нацелена исключительно на использование урана и плутония военного происхождения и касается шести следующих тем:

1) стратегические подходы по использованию ядерных материалов:

анализ возможных стратегий утилизации ядерных материалов военного происхождения; учет аспектов экологии, экономики и нераспространения;

2) расчеты реакторов:

вариант использования реакторов ВВЭР-1000;

вариант использования реакторов БН-600;

3) химия плутония (преобразование метал-

лического плутония или его сплава в окись PuO₂);

4) производство топлива MOX:

концепция и конструкция завода по производству MOX-топлива для реакторов БН;

концепция и конструкция завода по производству MOX-топлива для реакторов ВВЭР;

5) переработка смешанного топлива:

переработка MOX-РТН;

переработка MOX-РБН;

6) оптимальный реактор, использующий оружейный плутоний.

В Москве 18—19 декабря 1995 г. состоялось третье заседание российско-французского Координационного комитета в рамках Соглашения от 12 ноября 1992 г.

К концу 1996 г. был подготовлен совместный российско-французский доклад, подводящий итоги четырехлетнего российско-французского сотрудничества в области использования в мирных целях ядерных материалов, высвобождаемых в результате уничтожения ядерного оружия в России.

В целях координации межправительственного Соглашения о сотрудничестве в области использования в мирных целях ядерных материалов, высвобождаемых в результате уничтожения ядерного оружия в России, подписанного в ноябре 1992 г., 29 мая 1996 г. в Минатоме состоялось заседание Координационного комитета по сотрудничеству в области безопасного уничтожения ядерного оружия в России.

В ходе встречи стороны обсудили вопрос о продолжении реализации программы АИДА и перспективах сотрудничества в области использования оружейного плутония.

Французской стороне переданы предложения российской стороны по сотрудничеству в создании контейнеров для транспортирования боеприпасов, находящихся в аварийном состоянии, по поставкам оборудования для оснащения аварийного формирования, специализированного для проведения поиска под водой и безопасного извлечения из воды ядерных боеприпасов в случае попадания их в воду при авариях транспортных средств. С 28 по 31 октября 1996 г. в Париже проходила международная встреча экспертов по безопасному и эффективному обращению с оружейными расщепляющимися материалами, заявленными как не являющимися более необходимыми для целей обороны.

Совместное заявление Франции, Германии и России было распространено всем участникам встречи.

Эксперты приветствовали совместную инициативу Франции, Германии и России по сжиганию плутония в виде MOX-топлива в реакторах и строительству в России демонстрационного (по масштабам производства) предприятия для изготовления MOX-топлива. Одним из основных преимуществ такого предприятия является то, что оно может вступить в эксплуатацию уже в 2001 г.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ФИНЛЯДИЕЙ

Сотрудничество между Россией и Финляндией реализуется на основе:

Соглашения между Правительством СССР и Правительством Финляндской Республики о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях от 14 мая 1969 г.; межправительственного Соглашения об оперативном оповещении о ядерных авариях и об обмене информацией о ядерных установках, утвержденного 19 января 1995 г.

До мая 1969 г. в Москве, в ГКАЭ побывал министр Финляндии г-н Густафсон, с которым в принципе был обговорен проект Соглашения ГКАЭ СССР с Правительством Финляндии, подписанный затем в мае в Хельсинки в присутствии министра иностранных дел Финляндии г-на Карелайнена, министра промышленности и торговли Финляндии г-на Лескинена и посла СССР в Финляндии Ковалева. С советской стороны Соглашение было подписано председателем ГКАЭ А.М. Петросьянцем. Главным пунктом в Соглашении было сооружение в Финляндии АЭС с технической помощью Советского Союза. Место строительства АЭС было определено у г. Ловииса (примерно в 100 км от г. Хельсинки).

Во второй приезд в Финляндию в 1976 г. председатель ГКАЭ был принят президентом Финляндии Урхо Кекконеном. Беседа была очень продолжительной и интересной для обеих сторон.

АЭС «Ловииса» с двумя ядерными энергоблоками и реакторами ВВЭР-440 успешно работала и выдавала бесперебойно электроэнергию в энергосеть Финляндии. Финны работой АЭС с 1977 г. были очень довольны. Так директор фирмы «Иматран Войлма» г-н Нуменен,

куда входит «Ловииса», сообщил, что АЭС «Ловииса» является лучшей во всей Европе и что привлечение к строительству фирм Германии, Франции и Англии пошло на пользу АЭС «Ловииса».

Кстати, и сегодня, спустя 20 лет работы, АЭС «Ловииса» стоит в ряду лучших АЭС. Она с уверенностью встретит свой 40-летний юбилей.

В январе 1995 г. в майское Соглашение 1969 года были включены статьи о ядерном ущербе.

Для реализации второго Соглашения подготовлен и подписан проект практических мер.

Финская сторона приняла план действий по проектам договоров и контрактов с организациями России в направлении повышения безопасности Ленинградской и Кольской АЭС и улучшения экологии Карелии на сумму в 29 млн. финских марок.

СОТРУДНИЧЕСТВО СО ШВЕЙЦАРИЕЙ

С 1971 г. завершилась работа по установлению сотрудничества в области мирного использования ядерной энергии между ГКАЭ СССР и отделом науки и исследований Департамента внутренних дел Швейцарии, начатая еще в 1969 г. путем обмена письмами между заместителем председателя ГКАЭ И.Д. Морозовым (от 15 марта 1971 г.) и директором отдела науки и исследований У. Хохштрассером (от 30 июня 1971 г.), и было введено в действие Соглашение о сотрудничестве. Соглашением предусматривался обмен делегациями специалистов (до 5 чел. на 2 нед.) и специалистами-исследователями (1-2 чел. на срок до 6 мес.) в следующих областях:

- физика высоких энергий;
- реакторы на быстрых нейтронах;
- физика плазмы.

Дальнейший обмен письмами между А.М. Петросьянцем и И.Г. Морозовым и г-ном Хохштрассером привел к согласованию мероприятий сотрудничества на 1972 г. и частично на 1973 г.

В последующие годы сотрудничество носило эпизодический, хотя и непрерывный характер. В 1997 г. представители Минатома Российской Федерации и Швейцарии подготовили для подписания новый проект Соглашения по сотрудничеству в области ядерной энергетики.

СОТРУДНИЧЕСТВО СО ШВЕДИЕЙ

В сентябре 1971 г. делегация во главе с председателем ГКАЭ А.М. Петросьянцем посетила по приглашению исполнительного директора Королевской академии инженерных наук (КАИН) Швеции проф. Г. Хамбреуса.

Делегация, в которую входили также Б.А. Семенов, В.А. Сидоренко, П.А. Платонов (ИАЭ), провела в КАИН переговоры и подписала Протокол о мероприятиях по сотрудничеству в 1972 г. (в рамках подписанного в 1968 г. Соглашения о сотрудничестве между ГКАЭ и КАИН).

Протоколом предусматривалось проведение в СССР в 1972 г. двустороннего симпозиума по физике быстрых реакторов и проведение в Швеции советско-шведского симпозиума по инженерным вопросам безопасности энергетических ядерных установок. Делегация посетила ядерные научные центры и организации Швеции.

В 1972 г. было проведено одно из двух предусмотренных Протоколом мероприятий. В СССР, в Дубне был успешно проведен двусторонний симпозиум по физике реакторов, в котором участвовало девять шведских и около 30 советских специалистов.

В феврале 1972 г. в Москву по приглашению ГКАЭ приехал проф. Б. Ленерт. В ИАЭ им. И.В. Курчатова он сделал сообщение о своем изобретении, известном под названием «плазменной центрифуги».

Симпозиум по инженерным вопросам безопасности энергетических ядерных установок был по просьбе 16-го ГУ перенесен на 1973 г. и состоялся в Швеции с 4 по 15 марта 1973 г. В симпозиуме участвовали советские и шведские специалисты.

В январе 1973 г. по приглашению АН СССР в Москве находился генеральный управляющий КАИН проф. Г. Хамбреус. В ходе беседы была рассмотрена возможная тематика сотрудничества между ГКАЭ и КАИН, в частности в области плазменной центрифуги и бетонных реакторных корпусов. Г. Хамбреус посетил также ИФВЭ и ИАЭ им. Курчатова.

В июне 1973 г. Советский Союз по приглашению ГКАЭ СССР вновь посетил проф. Г. Хамбреус. В ходе своего визита он посетил ряд ядерных центров и институтов ГКАЭ СССР, а также был принят А.М. Петросьян-

цем. На встрече были обсуждены вопросы дальнейшего развития сотрудничества и достигнута договоренность о подготовке программы сотрудничества на 1974—1975 гг. и обмена делегациями по ядерной энергетике.

В соответствии с договоренностью в январе 1974 г. ГКАЭ направил КАИН Швеции проект Протокола о сотрудничестве на 1974—1975 гг., который предполагалось подписать в период визита советской делегации во главе с А.П. Александровым.

В рамках программы в Швецию в ноябре 1975 г. выехала делегация специалистов для ознакомления с исследованиями по теплообмену и кризису в двухфазных потоках, а также экспериментальной техникой исследований в этих областях.

В СССР были приняты в 1975 г. две шведские делегации. Одна делегация обсуждала в ИТЭФ научные и организационные вопросы планируемого долгосрочного сотрудничества в области лучевой (протонной) терапии.

Вторая делегация членов шведского парламента и членов Правительственной Комиссии по вопросам захоронения радиоактивных отходов была принята ГКАЭ по просьбе КАИН, поддержанной МИД СССР.

В настоящее время сотрудничество между Российской Федерацией и Швецией в области использования ядерной энергии регулируется перечисленными ниже документами:

Соглашением между Правительством Союза Советских Социалистических Республик и Правительством Швеции об оперативном оповещении о ядерной аварии и об обмене информацией о ядерных установках от 13 января 1988 г., правопреемником по которому является Российская Федерация, а ответственным за выполнение его положений — Минатом России;

Соглашением между Правительством Союза Советских Социалистических Республик и Правительством Швеции о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях от 12 января 1970 г. со сроком действия 30 лет.

Шведские представители различного уровня неоднократно выступали с заявлениями о стремлении развивать также и сотрудничество в области ядерной безопасности, в том числе и через предоставление технического содействия преимущественно для трех АЭС северо-запад-

ного региона; Кольской, Ленинградской, Игналинской. После обретения Литвой независимости Швеция стала оказывать безвозмездную помощь на повышение безопасности Игналинской АЭС (более 10 проектов на сумму 57 млн. шведских крон или около 6,5 млн. дол. США). Поскольку разработчиками реакторных установок и систем, важных для безопасности этой АЭС, являются российские организации, к реализации указанных проектов достаточно широко привлекаются российские специалисты. В рамках безвозмездной субсидии Европейского банка реконструкции и развития шведская компания «Ватеннфаль» является ответственной за выполнение оценки безопасности Игналинской АЭС, а соисполнителями этой работы — компетентные российские организации.

Техническое содействие шведской стороны осуществляется по трем направлениям:

1) помощь странам СНГ в формировании системы ядерных гарантий, учета и контроля ядерных материалов (около 130 тыс. дол. США);

2) членство в Консорциуме по РБМК в рамках Программы TACIS-91, где шведские специалисты занимались вероятностным анализом безопасности для базовых энергоблоков (Игналина-1 и Смоленск-3). Вклад Швеции составил 311 тыс. ЭКЮ (около 400 тыс. дол. США);

3) вклад в Счет ядерной безопасности Европейского банка реконструкции и развития (6 млн. ЭКЮ или около 7,2 млн. дол.).

Шведской стороной была проявлена заинтересованность в выполнении совместно с российскими специалистами вероятностного анализа безопасности Ленинградской АЭС, а также в поставках на эту АЭС диагностических систем. На ряде международных форумов активно обсуждалось возможное участие Швеции в программах экологического восстановления региона Баренцева моря, включая утилизацию радиоактивных отходов, скопившихся на Кольском полуострове.

СОТРУДНИЧЕСТВО С ЯПОНИЕЙ

Между СССР и Японией не было заключено никаких соглашений, регламентирующих сотрудничество в области мирного использования ядерной энергии. Отдельные визиты со-

ветских и японских специалистов в научные центры сторон имели место эпизодически в связи с отдельными международными мероприятиями, такими как научные конференции, симпозиумы и т. д.

В 1965 г. председатель ГКАЭ А.М.Петросьянц принял делегацию японских парламентариев и имел с ними беседу о возможности сотрудничества СССР и Японии в области мирного использования ядерной энергии. Японская сторона в течение последних лет несколько раз неофициально просила предоставить ей информацию о формах и содержании Соглашений между ГКАЭ и аналогичными ведомствами западных стран. Однако инициативы с ее стороны в заключении такого типа соглашения проявлено не было.

10 октября 1973 г. было заключено Соглашение между правительствами СССР и Японии о научно-техническом сотрудничестве. Области сотрудничества в Соглашении не уточнялись.

После подписания Соглашения, реализация которого с советской стороны была возложена на ГКНТ, японская сторона направила в 1974 г. в СССР делегацию для уточнения тематики и форм сотрудничества. Эта делегация сообщила о желании японской стороны организовать в рамках этого Соглашения сотрудничество и в области мирного использования ядерной энергии.

Делегация была принята 12 декабря 1973 г. в ГКАЭ, где ей было заявлено, что ГКАЭ готов сотрудничать с Японией, и ей была сообщена интересующая нас тематика сотрудничества. При этом делегации Японии было заявлено, что практика нашего сотрудничества с другими странами указывает на целесообразность заключения отдельного межведомственного Соглашения (или Протокола), определяющего тематику, формы и финансовые условия сотрудничества.

В результате договоренности, достигнутой между ГКАЭ СССР и Японским атомным промышленным форумом, в Советском Союзе с 3 по 14 июня 1973 г. находилась первая делегация представителей ядерной науки и техники Японии. Делегацию в составе 16 чел. возглавлял Тосио Доко, вице-президент Японского атомного промышленного форума, президент компании «Токио сибура электрик». Целью визита было ознакомление с научными и промышлен-

ными центрами советской ядерной энергетики, ее состоянием в настоящий момент и перспективами развития в будущем. В ходе визита члены делегации посетили ряд научно-исследовательских институтов, занимающихся исследованиями в области ядерных реакторов: Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, Научно-исследовательский институт атомных реакторов в Димитровграде, Физико-энергетический институт в г. Обнинске, а также Белорусскую и Нововоронежскую АЭС, Харьковский турбинный завод им. С. М. Кирова и Ленинградское электромашиностроительное объединение «Электросила».

В ГКАЭ для японской делегации были организованы две встречи с участием А.М. Петросьянца и других ответственных работников ГКАЭ. Одна из них была посвящена сообщению о состоянии и проблемах развития и разработки ядерных реакторов различных типов в Советском Союзе, а вторая беседа — ответы на вопросы, поставленные членами японской делегации. По вопросу о возможности сотрудничества руководители ГКАЭ дали подробные разъяснения о том, что для установления и организации сотрудничества необходимо заключение соглашения о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии между СССР и Японией. Были указаны и возможные темы сотрудничества: энергетические реакторы на тепловых и быстрых нейтронах; работы на исследовательских реакторах; управляемый термоядерный синтез; физика высоких энергий и т. п.

Руководители японской делегации посетили также Министерство энергетики и электрификации СССР.

14 июня в Кремле делегацию принял заместитель Председателя Совета Министров СССР В.Н. Новиков. На беседе присутствовали А.М. Петросьянц, И.Ф. Семичастнов (Минвнешторг). С японской стороны во встрече принял участие также советник — посланник посольства Японии в Москве г-н Хасагава.

Глава делегации г-н Доко на заключительной беседе в ГКАЭ СССР выразил полное удовлетворение членов делегации результатами визита и пригласил ответную советскую делегацию посетить ядерные центры Японии. Не имея полномочий на проведение переговоров о сотрудничестве, г-н Доко заявил о намерении довести точку зрения советской стороны

по этому вопросу до компетентных государственных организаций Японии.

По возвращении делегации в Японию г-н Доко провел пресс-конференцию о результатах визита делегации в Советский Союз. Эти результаты вызвали значительный интерес в официальных японских кругах.

Посольство Японии в Москве 20 июня 1973 г. обратилось в ГКАЭ с просьбой разъяснить, какова возможная форма соглашения о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии.

Соответствующие разъяснения были даны сотрудниками ГКАЭ СССР.

Представителю посольства Японии был передан в качестве примера текст Соглашения о сотрудничестве между ГКАЭ СССР и Управлением атомной энергии Великобритании.

В настоящее время Минатом России осуществляет сотрудничество с Японией в области мирного использования ядерной энергии по двум основным направлениям, определяемым:

Соглашением между Правительством Союза Советских Социалистических Республик и Правительством Японии о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии от 18 апреля 1991 г.;

Соглашением о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях между Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР и Атомным Промышленным Форумом Японии (АПФЯ) от 18 ноября 1977 г.

Межправительственное Соглашение охватывает следующие области:

безопасная эксплуатация АЭС, защита от радиоактивного излучения и наблюдение за состоянием окружающей среды;

исследования и применение радиоактивных изотопов и излучений;

обработка и захоронение радиоактивных отходов.

В области безопасности действующих российских АЭС сотрудничество осуществляется по следующим направлениям, которые финансируются правительством Японии:

сооружение в Нововоронежском учебно-техническом центре полномасштабного тренажера для реактора ВВЭР-1000 и совершенствование учебно-методического обеспечения (УМО) по безопасности эксплуатации АЭС. Соглашение по сооружению тренажера и со-

вершенствование УМО подписано 22 июня 1993 г. На этот проект Япония выделила 16 млн. дол. США;

стажировка российских экспертов в области эксплуатации АЭС в Японии на международных курсах;

установка на российских АЭС системы обнаружения протечек с применением микрофонов и пьезодатчиков для контроля целостности трубопроводов на реакторах типа РБМК.

Соглашение по созданию системы подписано 12 ноября 1993 г. На этот проект Япония выделила 8 млн. дол. США.

Соглашение с Атомным промышленным форумом Японии реализуется в форме семинаров и обмена информацией по следующим направлениям: реакторы на быстрых нейтронах; безопасность АЭС с водо-водяными реакторами; топливо для водо-водяных реакторов; социальная приемлемость ядерной энергетики и работа с общественностью; использование радиоактивного излучения и радиоизотопов; транспортирование, хранение отработавшего топлива; переработка радиоактивных отходов; морские суда с ядерными паропроизводящими установками.

В рамках межправительственного Соглашения от 13 октября 1993 г. в целях содействия в области ликвидации подлежащего сокращению в России ядерного оружия российско-японским Комитетом по сотрудничеству осуществляется взаимодействие в следующих направлениях:

создание в Приморском крае установки по переработке жидких радиоактивных отходов от судовых реакторов;

предоставление различного оборудования и техники для оснащения аварийных формирований Минатома России, в том числе и для обеспечения экологически чистого процесса слива и утилизации жидкого ракетного топлива МБР.

Япония планирует совместно с США принять в сооружении на ПО «Маяк» хранилища для делящихся материалов, получаемых в результате демонтажа ядерного оружия России, но пока что не приняла окончательного решения на этот счет.

Япония, как и Россия, является учредителем Международного научно-технического центра (МНТЦ), созданного в Москве в 1993 г. по

инициативе России, США и Европейского Союза.

Западные партнеры и Япония — учредители МНТЦ приняли на себя обязательства о финансировании его деятельности на общую сумму около 90 млн. дол. США.

Основной задачей созданной международной организации является предоставление российским ученым и специалистам оборонных отраслей промышленности возможности участвовать в осуществлении мирных наукоемких конверсионных проектов в области ядерной безопасности, защиты окружающей среды и в ряде других областей, что могло бы способствовать сохранению сложившихся научных коллективов, сдерживанию опасной «утечки умов» из страны и предотвращению распространения информации в области создания и производства оружия массового поражения и средств его доставки.

Центр зарегистрировал 570 предложений по конверсионным научным проектам (в том числе 503 из Российской Федерации). Общая запрашиваемая стоимость по всем проектам превышает 300 млн. дол. США.

На рассмотрение Совета Управляющих было направлено 108 проектов на сумму более 200 млн. дол. Из них Советом рассмотрено 349 проектов. По 199 рассмотренным проектам было принято решение о финансировании на общую сумму 82 млн. дол. (в том числе по 189 российским проектам на сумму 79,6 млн. дол.).

Япония финансирует 23 российских проекта на сумму 15 млн. дол. США.

Перспективные направления сотрудничества Минатома России с японскими организациями:

в рамках МНТЦ;

в области безопасного уничтожения ядерного оружия России, в частности, участие в строительстве хранилища делящихся материалов, совершенствование систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, поставка специальных автомобилей для перевозки ядерных материалов, поставка специального оборудования для оснащения аварийных формирований Минатома России, утилизация оружейного плутония для использования в качестве топлива для быстрых реакторов;

в области конверсии оборонных технологий; по повышению безопасности российских АЭС;

в области нераспространения ядерного оружия;

поддержка Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

СОТРУДНИЧЕСТВО С МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ (МАГАТЭ)

Советский союз является одним из создателей Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и рассматривает его как важную международную организацию, деятельность которой самым непосредственным образом связана с поддержанием мира и развитием международного сотрудничества в области мирного использования ядерной энергии.

Одно из направлений деятельности МАГАТЭ в соответствии с его Уставом — это контроль за мирным использованием ядерной энергии и совершенствование системы гарантий. Успешное решение задачи укрепления режима нераспространения ядерного оружия находится в прямой зависимости от того, как действует система гарантий МАГАТЭ, которая является единственной общепризнанной системой международного контроля. Специалисты отрасли активно участвуют в работе международных форумов, посвященных различным аспектам проблемы нераспространения ядерного оружия. В апреле 1995 г. в Нью-Йорке успешно окончилась конференция участников Договора о нераспространении ядерного оружия. Договор продлен бессрочно и без условий, что отвечает стратегическим интересам нашего государства. Интенсивно ведутся переговоры по заключению Договора о запрещении ядерных испытаний, началась подготовка к переговорам по прекращению производства ядерных материалов для оружия.

Расширяется международное сотрудничество в области совершенствования системы учета и контроля и физической защиты ядерных материалов, обучения персонала, предоставления помощи в обеспечении современным оборудованием и сооружении надежных хранилищ ядерных материалов. Специалисты ведущих ядерных центров участвуют в работах по повышению эффективности и действенности гарантий МАГАТЭ и прежде всего с целью обнаружения скрытой ядерной деятельности. При непосредственном участии наших экспер-

тов совершенствуется механизм контроля за ядерным экспортом, не противоречащего принципам равноправного международного сотрудничества в области мирного использования ядерной энергии.

Начиная с 1987 г. под эгидой МАГАТЭ осуществляется один из крупнейших проектов в области термоядерного синтеза — проект международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР). Официальными участниками проекта являются Европейский Союз, Япония, Россия и США.

21 июля 1992 г. сторонами было подписано межправительственное Соглашение об инженерной стадии проектирования термоядерного реактора, которое должно быть завершено летом 1998 г. Над проектом реактора работает совместный коллектив ученых и инженеров из разных стран в трех международных центрах: Гархинге (ФРГ), Нака (Япония) и Сан-Диего (США).

Предполагается, что после стадии проектирования стороны заключат соглашение о строительстве такого реактора.

Продолжаются и традиционные направления деятельности МАГАТЭ: техническая помощь развивающимся странам, подготовка национальных кадров, применение ядерных методов в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и т. п. Важную роль в этой работе играют российские ученые и специалисты. Несколько десятков российских специалистов постоянно работают в секретариате МАГАТЭ и до 100 чел. ежегодно участвуют в мероприятиях, проводимых в рамках деятельности МАГАТЭ.

СОТРУДНИЧЕСТВО МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (МНТЦ)

В связи с сокращением объемов работ высвободилась часть сотрудников ядерных центров. Для поддержания их высокой квалификации необходимо срочно найти возможность применения их знаний в новых областях науки, желательно близких к ядерной физике и технике. Разоружение и сокращение запасов оружия породило для физиков-ядерщиков множество новых задач, таких как, безопасность хранения и перевозок снимаемых с вооружения ядерных зарядов, утилизация делящихся и радиоактивных материалов и т. п. Са-

мая главная проблема сейчас — это правильно распределить силы сотрудников федеральных ядерных центров, оставив часть из них на оружейной тематике и переключив остальных на конверсионные программы. Эта проблема находится постоянно в поле зрения руководства этих центров. В учредительных документах МНТЦ для специалистов-ядерщиков предусмотрена возможность «частичной конверсии», при которой проектами МНТЦ будет занята только часть их рабочего времени.

Развитие процесса конверсии оружейных центров Минатома России;

«утечка умов» с оборонных предприятий и организаций Минатома России;

переориентация деятельности оружейников; сохранение научных коллективов;

частичная конверсия оборонных предприятий;

вовлечение российских оборонщиков в мировое научное сообщество.

Действительно, такие центры как ВНИИТФ (г. Челябинск-70) и ВНИЭФ (г. Арзамас-16), обладающие мощными экспериментально-технологическими базами, крупными вычислительными центрами, опытом производства и имеющие в своем штате большое количество высококвалифицированных ученых, инженеров, техников, технологов, рабочих, способны провести исследования и разработки по широкому кругу научно-технических проблем.

Естественно, что Запад и Япония весьма заинтересованы в том, чтобы в условиях резкого сокращения финансирования программ разработки ядерного оружия в России специалисты ВНИИТФ и ВНИЭФ, оставаясь в своих закрытых научных центрах и проживая на территории закрытых зон, получили возможность применить свои знания и опыт в новых мирных областях науки и техники, не связанных с созданием оружия.

Это позволило бы расширить кругозор и поддержало квалификацию специалистов, которые нужны как разработчики оружия, но не имеют стопроцентной загрузки по военной тематике. Ситуация весьма типичная на сегодня. Кроме того, если вдруг в будущем оружейная тематика расширится или потребует больших усилий, российские ядерные центры, сохранив кадры ведущих разработчиков, смогут адекватно среагировать на это. Таким образом, проекты МНТЦ оказываются полезными для России с

точки зрения сохранения кадров ядерных центров и поддержания их квалификации.

В ядерных центрах Арзамас-16 и Челябинск-70 хорошо ориентируются не только в оружейной тематике, но и в целом ряде мирных направлений ядерной физики и техники. Эти центры в период конверсии наработали большое количество предложений по проведению НИОКР в интересах народного хозяйства России. Достаточно упомянуть такие направления, как волоконная оптика, медицинское приборостроение, технологические лазеры, радиационные технологии. Все это необходимо для России, но на это у нее сейчас нет средств или этих средств недостаточно.

Особо следует выделить проблемы экологии и безопасности промышленных ядерных реакторов. Эти проекты, упомянутые в качестве первоочередных в соглашении по МНТЦ, стоят сейчас перед Россией особенно остро и требуют скорейшего разрешения. К тому же они могут успешно решаться силами российских ученых-ядерщиков. Если уж российским разработчикам ядерного оружия удалось опередить американцев в части безаварийной эксплуатации этого оружия, то их усилия непременно принесут огромную пользу в повышении безопасности энергетических ядерных установок.

Идея создания МНТЦ для конверсии в оборонных отраслях промышленности России впервые была высказана в начале 1992 г. во время визита госсекретаря США Д. Беккера в Российский Федеративный ядерный центр ВНИИТФ (г. Челябинск-70).

В ходе состоявшихся в феврале 1992 г. переговоров между тогдашними госсекретарем Беккером, германским министром иностранных дел Г.-Д. Геншером и главой МИД России А. Козыревым была выражена озабоченность тем, что потерявшие работу ученые и специалисты стран СНГ, трудившиеся ранее в сфере создания и производства ядерного оружия и других средств массового уничтожения, будут вынуждены искать применения своим знаниям и опыту за рубежом.

Центр задумывался как средство избежать подобных последствий, обеспечить специалистам условия, которые позволяли бы им продолжать трудиться на родине и выполнять мирные проекты.

В дальнейшем на переговорах по вопросам

учреждения МНТЦ с участием четырех сторон (Россия, США, Япония, ЕС) неоднократно упоминались оба Российских оружейных ядерных центра (ВНИИТФ и ВНИИЭФ) как возможные исполнители проектов МНТЦ.

Международный научно-технический центр России начал функционировать с 2 марта 1994 г. В том же году Российской стороной в него было представлено 320 предложений по конверсионным научным проектам, из которых 160 рассмотрено, а по 92 проектам выделено финансирование в размере 46,5 млн. дол. США.

На 1 февраля 1995 г. с российскими оборонными НИИ и КБ уже были подписаны 55 соглашений на общую сумму 31 млн. дол. США, из которых более 50% пошло на выплату грантов участникам проектов. В этих проектах участвуют почти 5000 ученых и специалистов, из которых более 3000 были ранее непосредственно заняты разработкой ядерного, химического и бактериологического оружия и средств его доставки.

Практически во всех проектах МНТЦ в качестве иностранных коллабораторов участвуют представители зарубежных научно-исследовательских лабораторий из США, Японии и стран Европейского Союза.

Активно включились в деятельность МНТЦ Российские Федеральные ядерные центры ВНИИЭФ и ВНИИТФ. Ученые-ядерщики этих центров приступили к проведению расчетов и экспериментов по безопасности промышленных ядерных реакторов, изучению экологической обстановки в Нижегородской области и на Урале, исследованиям по трансмутации долгоживущих радионуклидов с целью ликвидации радиоактивных отходов, разработке физических моделей и математических программ расчета ядерных и радиационных процессов для создания источников мягкого рентгеновского излучения для медицины и биологии. Решение этих проблем полезно как для России, так и для мирового научного сообщества.

Только за первый год работы МНТЦ 35 российских ученых, в том числе из закрытых институтов, за счет средств МНТЦ выезжали за границу для участия в научно-технических конференциях и семинарах, для ознакомления с результатами исследований и научным оборудо-

ванием зарубежных центров. В последующие годы таких поездок стало значительно больше.

Активно сотрудничает с МНТЦ Российский НИИ органической химии и технологии (РНИИОХТ), занимавшийся в бывшем Советском Союзе разработкой химического оружия. Этот институт оказался в еще более тяжелом финансовом положении, чем ядерные центры, поскольку работы по химическому оружию прекращены на 100% и, соответственно, все специалисты РНИИОХТ фактически остались без работы. В первый же год МНТЦ подписал с этим институтом четыре соглашения по проектам на общую сумму 1,1 млн. дол. США, что позволило занять 110 бывших разработчиков химических боеприпасов исследованиями новых лекарственных препаратов (в том числе против СПИДа), развитием методов безопасной переработки и захоронения вредных и токсичных веществ.

В исследованиях по проектам МНТЦ участвуют также сотрудники ракетно-космических КБ, которые переориентируют свою деятельность на разработку новых материалов граж-

данского назначения, создание медицинских лазеров и навигационных систем для торговых судов.

Бывшие разработчики приборов для регистрации излучений ядерного взрыва из НИИ импульсной техники при финансовой поддержке МНТЦ развивают информационную компьютерную сеть и создают сверхбыстрые приборы для исследования фундаментальных физических процессов в плазме и газах.

Специалисты НИИ «Графит», разработавшие ранее теплозащитные покрытия для боевых ракет, в рамках проекта МНТЦ изучают фуллерены — уникальные многоатомные углеродные конфигурации, которые в будущем могут найти широкое применение в медицине.

Вместе с бывшими «чистыми оружейщиками» работу по проектам МНТЦ ведут также ученые из таких известных российских научных центров, как ФИАН, ИОФАН, РНЦ «Курчатовский институт, ТРИНИТИ, МИФИ, ИВТАН, ИХФ, ИПМ, ФТИ им. Иоффе. Многие из них в прошлом также имели отношение к оборонным программам и разработкам.

XIV. КОНВЕРСБАНК И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ КОНВЕРСИИ

Б. П. Королев

С началом реформ в Российской Федерации и в связи с резким сокращением военных заказов перед предприятиями Минатома России, обладающими огромным производственным и научным потенциалом, встала нелегкая задача перепрофилирования производства, сокращения объема и изменения характера научных разработок.

В период перехода отрасли к рыночным отношениям в июле 1989 г. был создан акционерный банк конверсии — Конверсбанк. Основными учредителями банка стали предприятия Минатома России.

Конверсбанк с самого начала своего существования оказывал предприятиям отрасли финансовую поддержку. Предприятия пользуются, в основном, краткосрочными ссудами. Однако долгосрочное кредитование экономических проектов развивается в замедленном темпе.

Основная причина данного явления заключается в том, что большинство предприятий в те годы (1990—1991) еще не определились в конкретных направлениях конверсии, не разработали необходимые для кредитования бизнес-планы и проектно-сметную документацию.

Несмотря на это, обращения в Конверсбанк отдельных предприятий с экономическими проектами находили в Банке финансовую поддержку. В 1991—1992 гг. были выданы долгосрочные кредиты Новоменделеевскому химкомбинату (г. Менделеевск, Татарстан) на производство аммиака, Малышевскому рудоправлению (г. Асбест Свердловской области) на выпуск продукции из розового гранита, слюды и полевошпатового концентрата, Кудиновскому комбинату керамических изделий (Московская область) на производство фасадной плитки. В 1996 г. банк по льготной кредитной ставке выдал долгосрочный кредит Всероссийскому научно-исследовательскому институту экспериментальной физики — РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров Нижегородской области) на расширение производства перфо-

раторов кумулятивных для вторичного вскрытия нефтегазовых пластов.

В 1992 г. предприятия Минатома России начали разработку и утверждение в Министерстве программ конверсии. Для финансирования конверсионных программ предприятий Минатома России в Конверсбанке было значительно расширено Инвестиционное управление, созданное в апреле 1990 г. Источником средств по финансированию конверсионных программ в 1992—1995 гг. был госбюджет. Денежные средства выдавались банком в виде государственных льготных кредитов под 13% годовых.

В короткие сроки Инвестиционное управление было укомплектовано опытными и квалифицированными кадрами, но работа в банке требовала дополнительных знаний и навыков. Сравнительно легко была освоена методика анализа финансового состояния предприятия, его платежеспособности на основе динамики балансовых отчетов. Более сложной оказалась экспертная оценка инвестиционных проектов, технико-экономических обоснований и бизнес-планов. Вследствие отсутствия необходимого информационного материала не всегда удавалось дать объективную оценку продукции (изделиям) с точки зрения новизны и соответствия ее требованиям научно-технического прогресса. По этой же причине было затруднительно определить потребность в продукции на рынке сбыта. Маркетинговые исследования предприятий представляли из себя лишь общие проблемные сведения о потребности в конверсионной продукции, без указания конкретных потребителей. Представляемые отдельными заемщиками протоколы о намерениях и даже договоры с потребителями, как правило, через 2—3 года реально уже не подтверждались.

Для технической оценки инвестиционных программ конверсии, а также уровня использования в проектах новейших достижений науки и техники был организован при Совете

Банка Высший экспертный совет, с которым Инвестиционное управление работает в тесном взаимодействии.

За весь период кредитования конверсионных программ предприятия Минатома России получили за счет бюджета 78,7 млрд. руб. (в ценах 1992—1995 гг.). На полученные денежные средства предприятиями из 62 программ конверсии полностью завершены 26 программ, частично закончены на выпуск отдельных видов изделий 23 программы.

Введенные в действие мощности обеспечивают выпуск товарной продукции на 764 млрд. руб. в год (в ценах 1992—1995 гг.), или более 9 руб. на 1 руб. кредитных вложений. Согласно отчетам предприятий в 1996 г., например, выпущено товарной продукции на 681 млрд. руб. с реализацией потребителям на 601 млрд. руб. (в текущих ценах 1996 г.).

Эффективность использования предприятиями введенных в эксплуатацию производственных мощностей весьма различна. Электрохимзавод (г. Зеленогорск Красноярского края) успешно производит аудиокассеты и видеокассеты и продолжает наращивать объем этого производства; в 1996 г. он произвел 40 млн. кассет на 162 млрд. руб. Вследствие эффективного использования конверсионных кредитов ввели в действие и увеличили мощности по производству гражданской продукции комбинат «Электрохимприбор» (г. Лесной Свердловской области), Приаргунское производственное горно-химическое объединение (г. Краснокаменск Читинской области), ПО «Старт» (г. Заречный Пензенской области) и другие предприятия. Сибирский химкомбинат (г. Северск Томской области) перекрыл введенную в действие проектную мощность в 7 раз. Весьма эффективна конверсионная программа АО «Приборный завод Тензор» (г. Дубна Московской области), который на 0,6 млрд. руб. кредитных средств выпускает конверсионную продукцию на 35,7 млрд. руб.

Отдельные предприятия, получив незначительную финансовую помощь в виде конверсионной ссуды, продолжают искать пути полного завершения и развития своей конверсионной программы. Научно-исследовательский институт измерительных систем (г. Нижний Новгород) дополнительно находит потребителей своей продукции, которые не только ее покупают, но и дают собственные средства на

дальнейшее развитие программы конверсии. Такой взаимовыгодный контакт Институт имеет, в частности, с РАО «Газпром» по производству радиорелейных станций системы линейной телемеханики газопроводов.

Однако не на всех предприятиях конверсионные мероприятия дали положительный эффект.

Некоторые предприятия, использовав значительные суммы кредитных средств и введя в действие планируемые мощности, фактически не производят конверсионную продукцию, или выпускают ее в мизерных объемах. ОАО «Производственное монтажно-строительное предприятие Электрон» (г. Новосибирск) ввел в предыдущие годы производственные мощности на выпуск электронных электросчетчиков и бытовых электроплит с годовой стоимостью товарной продукции в сумме 2,4 млрд. руб., но указанную продукцию не производит. Аналогичная ситуация имеет место также на некоторых других конверсируемых предприятиях: ОКБ машиностроения, Трест «Уралпромонтаж», АО «Сила».

Отдельные предприятия, получив значительные суммы конверсионных кредитов, не обеспечили ввод в эксплуатацию мощностей ни по одному из направлений конверсионной программы.

Недостаточно высокий темп выполнения конверсионных программ на некоторых предприятиях объясняется рядом причин. Однако основная причина заключается в изъятии финансирования конверсии.

Общепринятым принципом планирования капитальных вложений было выделение ассигнований в объемах, обеспечивающих нормативную продолжительность строительства, соблюдение которой не позволяет устареть заложенным в проекте передовым технологиям, т. е. к моменту ввода в действие проектной мощности планируемая продукция должна удовлетворять требованиям научно-технического прогресса и мировых стандартов.

При планировании инвестиций на конверсию оборонных отраслей промышленности этот основополагающий принцип не соблюдался. Денежные средства предприятиям выделялись нерегулярно и в недостаточных объемах. Начатое в 1992 г. кредитование конверсионных программ за счет использования государственных средств в последующие годы осу-

ществлялось с большим затуханием: удельный вес выделенных на 1995 г. денежных средств составил только 5% стоимости программ (при ежегодно продолжающемся росте цен в связи с инфляцией).

Недостаток средств, вынужденные перерывы в осуществлении программ привели к следующим нежелательным результатам:

некоторые исполнители программ порвали с заемщиками договорные отношения,

потенциальные потребители продукции переориентировались на других поставщиков и другую продукцию,

произведенные затраты, не дав никакого эффекта, оказались в отдельных случаях бросовыми.

В настоящее время отечественный рынок заполнен импортными товарами. Во многих случаях они конкурентоспособнее российских. Но этот фактор ведет к стагнации отечественной промышленности, безработице в Российской Федерации, и наоборот, способствует развитию производства в зарубежных странах, созданию в них дополнительных рабочих мест.

История развития отечественной промышленности свидетельствует о том, что немало наших товаров превосходят по качеству, долговечности зарубежную продукцию. Продовольственные товары, несомненно, в подавляющем большинстве превосходят по качеству импортную продукцию.

Перед государственными органами, российскими предпринимателями стоит глобальная задача по возрождению и дальнейшему развитию на более высоком уровне отечественной промышленности. Предпосылкой к этому является еще сохранившийся научный и производственный потенциал страны. Однако для этих целей нужны солидные суммы денежных ресурсов. В масштабах страны для осуществления Федеральной целевой программы конверсии оборонной промышленности создан Государственный фонд конверсии. Для предприятий Минатома России появился свой источник финансирования конверсионных программ. Это валютные средства от продажи предприятиями отрасли низкообогащенного урана, переработанного из высокообогащенного урана, извлеченного из ядерного оружия. За счет указанного источника в 1997 г. финансируются 53 конверсионные программы предприятий отрасли, на которые выделены годо-

вые средства безвозвратного финансирования в сумме 360 млрд. руб.

В настоящий период отмечается определенное оживление инвестиционной активности. Дальнейшее развитие отраслей народного хозяйства во многом будет зависеть от объема инвестиций финансирования производственной сферы вследствие использования всех возможных источников, от внедрения передовых технологий. Возникает задача разумного использования финансовых ресурсов с учетом опыта, накопленного за предыдущие годы осуществления конверсии.

С этой целью считаем целесообразным учесть следующие пожелания.

1. Конкурсный отбор конверсионных программ не должен проходить формально. При отборе нужно учитывать все факторы: технико-экономические показатели проекта, конкурентоспособность продукции на рынке сбыта и ее соответствие международным стандартам, глубину конверсии и создание дополнительных рабочих мест.

2. Конверсионные средства концентрировать только на высокоэкономичных программах и с учетом непрерывного и достаточного финансирования.

3. Конверсия, связанная с новым строительством, практически нереализуема, так как средства кредита поглощаются сооружением зданий, т. е. пассивной частью основных фондов. Кроме того, такая структура инвестиций требует при исполнении продолжительного времени. Оптимальным вариантом реализации программ следует считать техническое перевооружение действующего производства, модернизацию оборудования.

4. Разработка программ конверсии должна основываться на утвержденной проектно-сметной документации инвестиционного проекта. Без разработанного проекта или технико-экономических обоснований (ТЭО) выполнение программы, как правило, затягивается; возможны также нерациональные затраты. Многие предприятия имеют собственные проектные отделы, однако отсутствие проектно-сметной документации является весьма распространенным недостатком при финансировании конверсионных программ.

Большое значение имеет качество проекта, особенно его экономической части, на основе

которой можно дать оценку коммерческой целесообразности его реализации.

5. Если предприятие, кроме привлеченных средств, не располагает достаточным объемом собственных средств, который может быть использован на конверсию, то полное завершение конверсионной программы в приемлемый срок маловероятно.

ЗАО «Конверсбанк» в вопросах финансирования конверсионных мероприятий готов оказать предприятиям и организациям помощь не только советом, но и делом.

Закрытое акционерное общество «Конверсбанк», основанное в 1989 г., в течение всего времени вплоть до сегодняшних дней развивалось и крепло благодаря сложившемуся сильному и квалифицированному коллективу его сотрудников и руководства банка, Правлению и Совету банка.

Прошедшее в апреле 1997 г. общее собрание акционеров Конверсбанка подвело итоги его деятельности за очередной 1996 г. Конверсбанк все годы развивался, набираясь опыта банковской работы, укрепляя свой авторитет у клиентов и среди многих других коммерческих банков, как российских так и зарубежных.

За все прошедшие годы Конверсбанк был и продолжает уверенно оставаться (это подтверждено в 1996 г. и первой половине 1997 г.) в группе наиболее динамично развивающихся и в то же время стабильных коммерческих банков России.

Балансовая прибыль банка увеличилась за 1996 г. на 14,5% и составила 172,6 млрд. руб. Уставной фонд Конверсбанка достиг 60 млрд. руб. Собственный капитал банка увеличился в 2 раза и составил 296 млрд. руб.

В 1996 г. Конверсбанк продолжал активное кредитование предприятий и организаций ядерной отрасли. В условиях экономической и финансовой нестабильности, взаимных неплатежей и роста дебиторской задолженности, несвоевременного поступления бюджетных ассигнований предприятиям и организациям ядерной отрасли оказывалась кредитная помощь на пополнение запасов сырья, материа-

лов, комплектующих изделий, выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выплату заработной платы.

Общая сумма выданных Банком кредитов составило 18,5 трлн. руб.

Несмотря на сложное положение российской экономики, размер просроченной задолженности составил сравнительно немного — 3,6% общей суммы выданных кредитов.

Конверсбанк продолжал в 1996 г. кредитование и финансирование на безвозвратной основе переходящих и вновь начинаемых программ конверсии предприятий Минатома России. Некоторые программы отрасли были профинансированы за счет средств Минатома России, полученных от продажи предприятиями отрасли низкообогащенного урана. Из 13 ранее начатых федеральных конверсионных программ, на которые в 1996 г. были безвозмездно получены предприятиями Минатома России денежные средства, полностью закончены пять программ, еще пять программ выполнены частично (по отдельным видам продукции). На введенных в действие в 1996 г. мощностях стал возможен годовой выпуск конверсионной продукции на сумму 228 млрд. руб.

В 1996 г. Конверсбанк получил статус первичного дилера Банка России на рынке ГКО-ОФЗ. Конверсбанк систематически расширяет сферу своей деятельности. В начале 1997 г. ЗАО «Конверсбанк» имел 12 филиалов Банка в различных городах России, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, Обнинске, Калуге, Ангарске, Йошкар-Оле и др.

Успешная работа банка нашла отражение в динамике числа его клиентов. Их количество за 1996 г. выросло в 2 раза и по состоянию на 1 января 1997 г. было зарегистрировано 65,8 тыс. клиентов.

К 10-летию юбилею своего существования (1999 г.) Конверсбанк придет с новыми успехами и достижениями в интересах всех своих клиентов и многих предприятий, а также организаций Министерства Российской Федерации по атомной энергии и другой оборонной промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ядерная индустрия России показана в этой книге с достаточной полнотой, хотя многое еще осталось вне ее, так как уместить все в одном томе физически невозможно. Будем надеяться, что при втором издании, более полном, многое можно будет и добавить и восполнить.

Ядерная индустрия — особая и очень сложная специфическая отрасль нашей промышленности не только своим укладом, но и размахом, мощностью и привлечением к ней огромного количества ученых, специалистов очень высокого уровня.

В России нет ни одной другой отрасли промышленности, в которой работало бы так много высококвалифицированных специалистов: действительных членов (академиков) Академий Наук, докторов, кандидатов наук, лауреатов, награжденных правительственными премиями, орденами и медалями.

При всех реорганизациях, сокращениях ведомств, с учетом также перестройки правительственных органов в 1996 г. и особенно крупной реорганизации структурной системы правительственных органов в марте 1997 г., Министерство атомной энергии всегда сохранялось и оставалось в неприкосновенности с укреплением его авторитета и значения.

Оборонные отрасли промышленности России: авиационная, танковая, артиллерийская, боеприпасов и другие, т.е. весь Военно-промышленный комплекс (ВПК), сильно пострадали в связи с резким сокращением государственных заказов, субсидий, с переходом на конверсию.

Новые экономические отношения, с прямым выходом на рынок, затронули все оборонные отрасли, в том числе и ядерную. Ядерная промышленность (Минсредмаш) очень много сделала и выдала боевой техники военным подразделениям Министерства Обороны.

Вскоре после успешного завершения испытаний первого советского ядерного заряда в августе 1949 г. и испытания второй ядерной

бомбы в 1951 г., Первое главное управление (ПГУ при правительстве СССР — предтеча Минсредмаша), развивая ядерную промышленность, создавая новые производственные мощности, внедряясь в оборонные и другие отрасли промышленности, расширяя и организуя научные и конструкторские организации, начало поставлять ядерные бомбы в Военно-воздушные силы Армии.

При этом происходил процесс непрерывного совершенствования и уменьшения массо-габаритных характеристик ядерных бомб при одновременном увеличении убойной силы зарядов.

Через десять лет отставание от США в количестве закладываемых в арсеналы Армии, готовых к применению ядерных бомб, было ликвидировано. Страна была готова, в случае прямой необходимости, на ответные ядерные удары по агрессору.

Однако простое наличие ядерных бомб еще не решало проблемы нанесения ответного удара, требовалась организация неуязвимой от противника системы доставки ядерных бомб до его территории. Решение было найдено с помощью создания ракет-носителей ядерных зарядов, нацеленных на главные военные объекты предполагаемого противника.

В этих целях в СССР были расположены многие базы ракетоносителей.

Новый источник энергии, невероятный по энергетической мощности, заключенный в очень малом объеме, открытый творческими усилиями ученых многих стран мира — внутриядерная энергия атома — должен быть в первую очередь использован в мирных целях, в интересах человечества, а не в разрушительных смертно-убийственных целях (Хиросима, Нагасаки).

В июне 1954 г. под Москвой, в Обнинске, в тесном содружестве ученых и инженеров была пущена в эксплуатацию Первая в мире атомная электростанция, открывшая дорогу для получения электрической энергии за счет

ядерной. В 1960 г. был спущен на воду первый в мире ледокол «Ленин» с ядерно-энергетической установкой, открывший навигацию в холодных водах Северного Ледовитого океана и начавший проводку морских кораблей, пароходов через суровые, наковые льды закрытого для плавания судов в зимнее время океана.

Через несколько лет серия очень мощных атомных ледоколов позволила осуществлять круглогодичную навигацию по Северному Ледовитому океану и проходить по дальним северным широтам близко к Северному полюсу, значительно сокращая путь прохождения судов. Такого наши люди смогли добиться только за счет использования внутриядерной энергии атома.

Появление на надводных морских судах ядерно-энергетических установок, не требующих пополнения горючим в продолжение всей навигации, привело ученых и специалистов к мысли, к идее создания ядерных подводных лодок, т. е. использовать их на подводных лодках вместо дизельных двигателей, агрегатов, требующих пополнения топливом и непрямого наличия кислорода.

Осуществление такой идеи в тесном сотрудничестве специалистов ядерщиков и судостроителей позволило произвести подлинную революцию, переворот в судьбе подводных лодок.

Подводные лодки получили невиданную до тех пор возможность ходить по просторам морей и океанов под водой, не выходя на поверхность, так долго, как это пожелает человек. Кругосветное прохождение под водой многими сутками и даже месяцами без выхода на поверхность морей и океанов стало обычным явлением, трудовыми буднями для военных моряков, подводников.

После появления первых образцов подводных лодок, так сказать, первого поколения с ядерными энергетическими установками, появилось второе, затем третье и четвертое поколения, в которых использовался накопленный опыт, и которые непрерывно совершенствовались.

Увеличились надежность, безопасность, совершенствовались приборы на пультах управления реакторами, увеличилась скорость хода подводных лодок (выше скорости надводных кораблей, крейсеров) и, что особенно важно, резко повысилась бесшумность их хода, т. е. скрытность прохождения под водой.

Подводные лодки Военно-Морского Флота — военные объекты, поэтому их вооружение непрерывно совершенствовалось, пополнялось и изменялось в зависимости от поставленных перед ними конкретных задач.

С учетом отдаленности потенциального противника, подводные лодки несли боевое дежурство по возможности скрытно, находясь сравнительно недалеко от территории противника и от объектов, которые они должны будут уничтожить по команде от своего штаба.

Кроме различных видов вооружения, подводные лодки оснащались ракетами с ядерными зарядами, т. е. были их носителями, которые выбрасывались бы по команде и направлялись в намеченные цели.

Количество и качество ракет зависело от возможностей самой лодки, ее тоннажа, от численного состава команды данной подводной лодки. Такое использование наших подводных лодок усиливало позиции страны, держа под прицелом обстрела территории потенциального противника и его объектов. В то же время наша страна сама находилась под возможным ударом с ближних от нашей территории европейских баз противника. Тут действует простой, но неумолимый закон войны: кто — кого!? Ты меня, но и я тебя. Ударом на удар! Это, собственно, и есть главный принцип ядерного цита. Каждая из сторон понимает, что полезешь на противника, тут же получишь ответный удар. А чей удар сильнее, может показать только будущее, война. С 1945 г. прошло более 50 лет, и войны ядерной не было и, даст Бог, не будет.

* * *

Очень важный вопрос о стационарной ядерной энергетике для получения электрической энергии за счет ядерной. Первая в мире АЭС в Обнинске открыла путь атомным электростанциям (АЭС). В одних странах мира АЭС заняли ведущее место, а в других получили даже преобладающее значение. Так, во Франции удельный вес по выработке электрической энергии от АЭС составляет 75% всей ее выработки в стране, в Испании — 33%, в Швеции — около 40%, в США — 30%, в Великобритании — 35% и т. д.

Катастрофа на Чернобыльской АЭС в 1986 г. отрицательно отразилась на АЭС, осо-

бенно сильно в нашей стране. Мы понесли огромные потери. Причинами аварии, ее анализом занимались многие. И многое было сделано для неповторения подобного. Руководители Чернобыльской АЭС оказались не на высоте и были наказаны в судебном порядке.

В России после чернобыльской аварии раздавались голоса о закрытии АЭС с реакторами типа чернобыльских (РБМК) и даже о закрытии вообще всех АЭС. Прошло 10 лет, а АЭС работают, причем год от года все лучше и надежнее. АЭС должны развиваться, должны вырабатывать электроэнергию за счет ядерной.

Нельзя забывать и сбрасывать со счетов, что ядерная энергетика, АЭС — единственная отрасль ТЭК (топливно-энергетического комплекса), которая не нуждается в ближайшей перспективе (в ближайшие несколько десятилетий) в добыче топлива. Проблемы с обеспечением топливом ядерной энергетике могут возникнуть лишь к 2030 г., если к тому времени от АЭС будет производиться 30% электроэнергии в России, а не 11%, как сейчас. Наличие, имеющиеся ресурсы урана будут исчерпаны лишь в течение 30—35 лет. Но и тогда эта проблема будет решена использованием запасов накопленного энергетического оружейного плутония и высокообогащенного урана в связи с уничтожением части ядерного оружия. (Для справки: 1 т оружейного урана по теплотворному эквиваленту соответствует 2,5 млрд. м³ природного газа. Общий энергетический потенциал оружейного сырья может соответствовать выработке 12—14 трлн. кВт·ч электроэнергии. Тем самым сэкономится 3,5 трлн. м³ газа).

Эти цифры зримо показывают, какой огромный потенциал заложен в наличных ресурсах ядерного горючего. И какие трудности стоят перед ТЭК при добыче угля и газа в масштабах, сравнимых с наличными, именно с наличными ресурсами ядерного топлива. Какие же средства и ресурсы нужны ТЭК для проходки новых угольных шахт и газовых скважин, какое количество трудового персонала необходимо для их освоения и пр.

В этих условиях ядерная энергетика может рассматриваться как гарант энергетической безопасности России и Европы в условиях сокращения производства энергетических ресурсов органических видов топлива и их неизбежного истощения (особенно нефти и газа) в

ближайшем будущем. Кроме того, ядерная энергетика не способствует образованию парникового эффекта и выпадению кислотных дождей.

* * *

В наши дни предприятия и организации ядерной промышленности перестраиваются при новых экономических отношениях, при резком уменьшении государственных заказов, пытаются найти пути и средства для своего выживания.

Многие предприятия вынуждены пойти на сокращение численности своего персонала, а часть очень инициативных и знающих свое дело специалистов уходит в бизнес, на фирмы или даже выезжают на работу за рубеж.

Используя имеющуюся у себя технику, оборудование, многие организации находят выход в создании новых, для своего бывшего профиля, производств таких видов продукции, которые нужны рынку, экономике страны. Перестраивают свои цехи, обновляют станочное и другое оборудование, берут деньги в кредит у коммерческих банков и создают новые виды изделий для продажи их населению страны или на экспорт.

Многим это удается, но есть предприятия, комбинаты, которые были определяющими для атомной промышленности, так сказать маяками ядерной индустрии, с большой численностью персонала, оборудованные очень специфическими видами машин, агрегатов, без которых ядерная промышленность не могла бы создавать ядерные виды оружия. Вот такие предприятия, целые комбинаты находятся в очень трудных, сложных ситуациях, где усилия руководителей предприятия (кстати, очень умелых, инициативных) часто не могут дать быстрых желаемых результатов для создания продукции, годной для рынка, для других отраслей промышленности России.

Вот в таком критическом состоянии оказался ведущий, скажем прямо, один из основных, главных, а вернее, первый из определяющих лиц ядерной индустрии, Комбинат № 817, с которого собственно и начиналась атомная промышленность. С конца 1946 г. началось строительство этого объекта на южном Урале, в Челябинской области, недалеко от Кыштыма. Задачей этого объекта было получение ис-

кусственного, не существующего в природе элемента, позднее названного плутонием, который был тем ядерным, расщепляющимся горючим, которым комплектовались, начинялись ядерные заряды, ядерные бомбы.

Строить этот объект было очень сложно, ничего похожего даже в изощренной творческой фантазии инженеров в стране не было и никогда не предполагалось. Начали с сооружения первого в СССР промышленного ядерного реактора, никому не известного и никем и нигде не виданного. Его праотцом был очень малый по мощности исследовательский уран-графитовый реактор «Ф-1», запущенный в Москве усилиями ученых Лаборатории № 2 под личным руководством и наблюдением И. В. Курчатова. Уральский ядерный реактор — не просто крупный агрегат, а целое сооружение с очень большим количеством металлоконструкций. О его объеме говорят некоторые цифры: глубина залегания в грунте до 50 м, диаметр котлована порядка 80 м, над земной поверхностью он возвышался до 50 м.

Несколько десятков тысяч людей различных профессий и специальностей трудились на этой площадке. Десятки тысяч тонн цемента, арматуры, высококачественного металла ушли на металлоконструкции самого реактора, сотни километров кабельной продукции разных диаметров и назначений потребовались при его строительстве. Все это отбиралось от промышленности, от народного хозяйства в разоренной и разрушенной стране после окончания тяжелейшей войны с гитлеровской Германией.

На И. В. Курчатова как научного руководителя по атомному проекту возлагалась огромная ответственность, и он ее делил с руководством ПГУ (Б. Л. Ванниковым, А. П. Завенягиным и др.). И недаром И. В. Курчатов и другие соратники очень часто посещали Комбинат № 817 в период его строительства, а ближе к монтажу и пуско-наладочным работам И. В. Курчатов просто поселился там и жил безвыездно вместе с другими учеными и руководителями.

Однако пуском ядерного реактора дело не ограничилось, на этой же территории стали строить радиохимический завод, а затем и завод по получению металлического плутония и созданию из него изделий для закладки в бомбы. Все это было в новинку, такого в нашей

промышленности никогда не было, да и быть не могло.

На Комбинате № 817 получали высококачественный плутоний, нужный для ядерных бомб. Без изделий уральского комбината и поставляемых им в «Арзамас-16» плутониевых полусфер не было бы ядерной бомбы. Конструкция бомбы создавалась в научном центре «Арзамас-16», но ядерной бомбой она становилась только после получения готовых плутониевых полусфер, изделий из Комбината № 817.

Первое готовое изделие было выдано Комбинатом № 817 в июле 1949 г., а в августе этого же года было произведено испытание на Семипалатинском полигоне. С тех пор Комбинат № 817 (аккуратно, без сбоев поставлял плутониевые изделия) вместе с другим уральским Комбинатом № 813 (освоившим разделение изотопов урана) обеспечили в стране выпуск ядерных зарядов, догнав по их количеству США.

Комбинат № 817, войдя в историю освоения новейшей техники как первопроходец, ныне в результате перестройки оказался не просто на обочине, а в глубоком транше, ибо его продукция при рыночных коммерческих отношениях не может иметь спроса. Есть возможность зарабатывать на переработке облученного топлива от АЭС, но по объему в деньгах это малая доля по сравнению с тем, что получал Комбинат № 817 за выработку плутониевых изделий для ядерного оружия.

Продавать плутоний у себя на свободном рынке или экспортировать за рубеж нельзя, ибо появление оружейного плутония в продаже — прямая дорога к появлению бомб неизвестно в чьих руках и в какой стране.

Это большая проблема, она относится к тем проблемам, которые может решить только государственная власть. Простое закрытие заводов Комбината № 817 требует огромных средств и, кстати, не одноразовых, а в течение долгих лет. Тут и другая проблема — что делать населению (более чем 100 тыс. человек) большого, благоустроенного города, построенного у комбината?

Руководители предприятий и организаций Министерства Российской Федерации по ядерной энергии усиленно и упорно ищут пути и способы выживания в суровых буднях нашей действительности, стараясь не потерять

лучшие качества своих коллективов, персонала, созданных в трудные годы и увенчавших неуязвимой славой свои заводы, предприятия.

* * *

Читатель почувствовал, что стиль книги не дышит единообразием изложения, литературной причесанностью. Редакционная коллегия не ставила перед собой задачу литературной обработки, переделки полученных с мест материалов в один характер изложения. Редакционная щетка многое сокращала, изменяла, избегала ненужных повторений и разночтений одних и тех же событий. Главное, чтобы история развития была показана во всю ширь и правдиво, с раскрытием многих ранее плотно закрытых производственных секретов. В то же время читатель должен знать, что мы не все секреты раскрыли, далеко не все; за пределами книги еще остались государственные и фирменные секреты.

Показателен в этом отношении факт раскрытия технологии обогащения изотопами урана-235 методом центрифуг, созданным в России и освоенным в промышленном масштабе за 20 лет до его появления за рубежом, на Западе. Этот метод в России непрерывно совершенствовался и обогащался, и наши последние достижения по центрифужному процессу, неведомые Западу, значительно превосходят все то, что было достигнуто ранее по производительности, надежности, устойчивости, улучшению аппаратных схем, размещению центрифужного оборудования, использованию кубатуры производственных зданий, площадей зданий и т. д. Это же относится к научным достижениям в конструкциях ядерного оружия, в средствах доставки его до намеченных целей и пр.

Отечественный ядерно-оружейный комплекс в его чистом виде — это ВНИИЭФ (Арзамас-16, г. Саров) и ВНИИТФ (Челябинск-70, г. Снежинск на берегу оз. Синары).

ВНИИЭФ и ВНИИТФ являются мозговыми центрами нашей страны по созданию ядерного оружия (аналоги американским Лос-Аламос и Ливермор). Это крупнейшие научные центры России по созданию всех видов ядерных зарядов, известные всем своими научно-техническими достижениями.

Там созданы уникальные экспериментальные, вычислительные, производственно-технические сооружения с разными типами и видами оборудования и базы.

Ядерное оружие, несмотря на негативное отношение некоторой части российской общественности к нему, еще долгие годы будет гарантом безопасности России и ее народов. Фундаментальные результаты, достигнутые в естествознании, освоении ядерной энергии деления тяжелых ядер и синтезе легких ядер — плод человеческого разума, революции в физике. Первым практическим выходом великих научных успехов в физике нашего времени стало, как это часто бывает, появление оружия уничтожения. Ядерный заряд в бомбе представляет собой сложнейшее, уникальное техническое устройство, где скомплексованы современные электронные изделия, приборы и генераторы, ядерно-активные материалы уран, плутоний, тритий и обычные взрывчатые вещества. Работа этих разных устройств и материалов синхронизирована до стамиллионных долей секунды во времени и в автоматическом режиме по командам управления.

При ядерном взрыве приходится иметь дело с веществом при температурах порядка сотни миллионов градусов и при очень высоких давлениях в сотни миллионов атмосфер, с переносом внутри ядерного вещества тепла и нейтронов за время порядка одной миллиардной доли секунды на фоне цепной реакции деления ядер.

Срок службы таких устройств, ядерных зарядов ограничен по времени и требует проведения периодических разборок, контрольно-монтажных работ.

Мировая общественность пришла к сознанию необходимости прекращения создания ядерного вооружения, прекращения испытаний (в том числе — подземных) ядерных зарядов во всех средах.

В 1988 г. были проведены совместные с США эксперименты по контролю за ядерными испытаниями на Невадском ядерном полигоне с участием советских ученых и специалистов и на Семипалатинском полигоне с участием большой группы американских специалистов. В этом необычайном по исполнению эксперименте главным явился режим полного доверия, полной открытости к установлению совместного контроля на пути к запрещению

производства ядерного оружия во всех ядерных странах.

В новых экономических условиях научные центры по созданию различных видов ядерного оружия со своими уникальными комплексами, особо специфическим оборудованием и аппаратурой, со своими коллективами ученых и аппаратурой, со своими коллективами ученых и специалистов, академиков, профессоров, докторов и кандидатов наук оказались, как и другие центры и объекты ядерной индустрии, в очень сложном положении.

Руководство предприятий, обладая широким научным и техническим потенциалом, имея в своем распоряжении многие виды специального и высокоточного оборудования, ищет выход в создании новых, нужных народу тонких и точных изделий для применения их в медицине, при получении искусственных алмазов, создании волоконно-оптических систем для передачи многих видов информации, приборов дозиметрического контроля окружающей среды, вычислительной техники. Для медицинских целей начали производить компьютерные томографы, превосходящие в некоторых случаях зарубежные образцы, аппараты радиационной терапии для лечебных назначений и диагностики. Освоили серийный выпуск нескольких модификаций сердечных клапанов, искусственных почек, искусственного хрусталика, создали эндопротезы, инструменты для надкостного остеосинтеза для целей ортопедии, онкологии и стоматологии.

Изложенные и многие другие очень интересные и нужные для страны начинания, осуществляемые ВНИИЭФ, ВНИИТФ и другими центрами и объектами ядерной промышленности, никак не в состоянии покрыть в денежном выражении былых заказов военных отраслей Министерства Обороны. В результате в 1996 г. средняя заработная плата в этих центрах стала ниже прожиточного минимума.

Минатом в качестве приоритетного конверсионного направления организовал на ряде своих предприятий производство оборудования для молокоперерабатывающей промышленности. Эта отрасль, наиболее отсталая в России, требует решительного технологического скачка для прекращения гибели сырого молока в местах его получения, сбора. На заводах Минатома изготавливают оборудование для хранения и переработки молока, технологические линии по производству сыра, сметаны,

ряженки, кефира, творога, т. е. масло-сыродельные заводы. Освоена также сдача «под ключ» мини-заводов высокого класса по приемке и переработке молока. Эти мини-заводы можно перевозить на трех — четырех автоприцепах до места назначения, и буквально через несколько часов делать ряженку, сметану, кефир, творог. Но эта нужнейшая нашему сельскому хозяйству инициатива не получает широкого распространения, и вместо развития этого производства Минатом вынужден его сокращать.

Оборонным отраслям промышленности, и в том числе ядерной (а может быть и в первую очередь), необходимы государственная поддержка, субсидии. В конце 1996 г. финансовое состояние в ядерной индустрии было критическое. Глубина конверсии в отрасли была немногим более 20%, а ожидалось не менее 50%.

Ядерная индустрия России создавалась в самые тяжелые послевоенные годы, буквально на другой день после окончания кровопролитной и разрушительной войны 1941—1945 гг.

Советская разведка многократно доносила о планах Пентагона по нанесению ядерных ударов по городам СССР со все увеличивающимся числом городов (до 70), на которые американские самолеты сбрасывали бы бомбы, начиненные ядерными зарядами.

Планы Пентагона носили разные экзотические названия, позднее они были опубликованы в печати США. Этим планам не суждено было свершиться. СССР сумел обеспечить свою безопасность серией устройств ответных ударов по территории США. Противникам ядерной энергии не следует забывать, что нашим городам неумолимо грозило повторение Хиросимы и Нагасаки, если бы мы не создали свой надежный ядерный щит. Предлагаемая читателю книга «Ядерная индустрия России» со всей возможной полнотой правдиво рассказывает об этом.

Ход создания ядерной индустрии — поучительный урок нашей отечественной истории, и не только нашей.

* * *

Перелистывая страницы этой книги, невольно поражаешься масштабу, грандиозности всех работ, выполненных при освоении и создании ядерной промышленности, ядерного и

термоядерного оружия, атомной энергетики в Советском Союзе, в России и других странах СНГ.

Впервые в истории науки и техники в очень короткие сроки, всего лишь за четыре года, была создана сложнейшая, никогда ранее невиданная новейшая отрасль науки и промышленности — атомная наука и техника. В ее создании, и об этом многократно рассказывается, подчеркивается в книге, приняли участие многие тысячи ученых, специалистов, рабочих, в том числе десятки тысяч заключенных ГУЛАГа. В освоении внутриядерной энергии, значение которой было пророчески предсказано выдающимся русским ученым В.И. Вернадским еще в начале века, приняли участие сразу после окончания войны в 1945 году виднейшие ученые Советской России, такие как В. Г. Хлопин, П. Л. Капица, С. И. Вавилов, А.Ф. Иоффе, И.Е. Тамм, Н.Н. Боголюбов и молодые ученые-звезды того незабываемого времени, как И.В. Курчатов, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, А.И. Алиханов, С.Л. Соболев и многие другие. Под руководством молодого тогда профессора И.В. Курчатова и созданной им Лаборатории № 2 Академии наук (в Москве, в Покровском-Стрешневе) начал реализовываться советский ядерный проект.

В 1948 г. усилиями ученых и виднейших инженеров и организаторов новой отрасли промышленности были получены весомые количества фактически несуществующего на Земле элемента плутония, которым была начинена как делящийся ядерным веществом первая ядерная бомба, испытанная в августе 1949 г.

При получении металлического плутония ученым и инженерам пришлось столкнуться с невероятными научными и техническими трудностями, в том числе с очень высокой и губительной для людей радиацией. И не случайно многие, тогда впервые приступившие на Южном Урале под г. Кыштымом к получению плутония и изделий из него, необходимых для ядерных бомб, получили такие высокие внешние дозы γ -облучения, которые привели впоследствии к серьезным заболеваниям и даже к смерти.

В книге об этом говорится, в том числе и о том, что наши крупнейшие и самоотверженные ученые, специалисты раньше срока ушли из жизни. К таким невозвратимым и драматическим потерям мы с болью в сердце относим

И.В. Курчатова, В.А. Малышева, В.Г. Хлопина, А.П. Завенягина, Г.В. Мишенкова, И.И. Черняева, А.С. Никифорова, И.Е. Старика, А.П. Ратнера, Б.А. Никитина, А.Н. Вольского и многих, многих других.

Трагические потери большого числа людей, в ущерб для здоровья работавших на промышленных ядерных реакторах и радиохимических заводах в первые годы их создания и освоения, и получивших большие дозы внешнего облучения, превышающие в 10 раз и больше допустимые для работающего персонала дозы, во многом объясняются неподготовленностью с точки зрения техники безопасности работающих, отсутствием в первый период необходимого количества дозиметрических приборов и их низким качеством, и еще более — желанием ускорить процессы получения ядерных веществ для ядерного оружия. И.В. Курчатов и другие знали о планах нанесения ядерных ударов по российским городам, о попытках повторений Хиросимы и Нагасаки в нашей стране, и потому торопились с созданием своего ядерного и термоядерного оружия как противовеса, противостояния.

Создав ядерный щит, ученые атомщики под руководством И.В. Курчатова широким фронтом развернули использование ядерной энергии в мирных целях в интересах промышленности, народного хозяйства. В июне 1954 г. в Обнинске была пущена в эксплуатацию Первая в мире АЭС. Ее пуск был сигналом к использованию в мире ядерной энергии для получения электрической энергии.

В результате в странах мира АЭС получили большое распространение, а в некоторых государствах даже преобладающее, так, с помощью АЭС получают во Франции до 75%, в Бельгии до 50% всех других источников энергии в данной стране. Построенная в Литве АЭС вывела эту страну на первое место в мире по удельному производству энергии на число проживающего в ней населения, Литва успешно продает энергию своей АЭС в другие страны.

В России удельный вес АЭС составляет 11—12%. Авария на Чернобыльской АЭС (Украина) сильно ударила по престижу АЭС. Часть общественности требует остановки АЭС и даже их закрытия. Катастрофа в Чернобыле нанесла тяжелый урон экономике страны.

Прошло уже более 10 лет, а АЭС в России (да и на Украине) продолжают давать электро-

энергию за счет ядерной энергии. Их безопасность, надежность, экономичность непрерывно улучшаются, доказывая необходимость использования АЭС. В конструкцию новых, современных АЭС вносят усовершенствования, обеспечивающие повышенную безопасность, надежность и полную гарантию недопущения аварии, подобной в Чернобыле.

Время — лучший лекарь. В Армении работала Мецаморская АЭС с двумя реакторными энергоблоками и давала 40% энергии, но под влиянием аварии в Чернобыле и землетрясения в Армении была полностью остановлена. Спустя несколько лет армянская АЭС была реконструирована и вновь пущена в эксплуатацию. Люди поняли, что в Армении без АЭС жизни нет.

Россия испытывает экономический кризис, заводы работают на половину своей мощности, а то и просто стоят. Потребности в электроэнергии сегодня невелики, а потому востребования ввода новых АЭС — нет. Но это явление временное, преходящее, не может страна жить без полноценно работающих заводов.

Министерство по атомной энергии имеет возможность строить новые АЭС и потому ищет заказы на стороне, за пределами России, сооружая АЭС в Иране, Китае, Армении.

Российские АЭС по своему качеству, по так называемому рейтингу, находятся в первой десятке лучших АЭС мира.

В России работает АЭС с реактором на быстрых нейтронах мощностью в 600 МВт электрических. Работая уже почти 20 лет, эта АЭС показала себя с лучшей стороны и по надежности, безопасности, экономичности. Такого типа АЭС были и в Англии, и во Франции, но их были вынуждены остановить. Между тем Минатом России разработал АЭС с реактором на быстрых нейтронах на еще большую мощность (800 МВт).

Она прошла все стадии экспертиз всех контролирующих органов России, разрешивших ее строительство на Урале. К сооружению двух таких АЭС приступили на Комбинате «Маяк» (Челябинск) и на Белоярской АЭС (Свердловск), но из-за отсутствия финансовых возможностей сооружение их приостановилось. Кстати, Россия является единственной страной в мире, освоившей промышленные АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, что лиш-

ний раз указывает на высокое качество наших разработок.

Кроме того, следует подчеркнуть, что Россия имеет мощный атомный ледокольный флот, который полностью обеспечивает круглогодичное плавание по водам Северного Ледовитого океана.

Ядерная энергия, и только она, позволила создать подводные лодки, которые могут многими неделями плавать под водой, не выходя на поверхность, и совершать кругосветные походы. Ничего подобного люди не смогли бы добиться, не владея ядерными энергоустановками, ядерной энергией.

Россия обладает очень высоким научным и техническим потенциалом, часто превосходящим наших западных соседей. В качестве примера можно сослаться на центрифужный метод обогащения урана. В России он появился (освоенный в крупном промышленном масштабе) на много лет раньше, чем на Западе. А по своим качествам эта технология и сегодня является не только передовой, но и наилучшей.

В США, при создании первых ядерных бомб, а впоследствии при развитии, совершенствовании и приумножении их были затрачены огромные финансовые, материальные, да и людские ресурсы, оторванные от их использования в гражданской экономике. Там, в США, все громче раздаются голоса, а для чего это было сделано, что это дало, что принесло это американскому народу?

Такие же вопросы часть нашей общественности задает и нам. Была ли необходимость спешного, форсированного освоения новых видов ядерной техники, когда были затрачены значительные финансовые и материальные ресурсы, были потери людей от радиационных облучений, особенно при создании ядерного оружия в кратчайшие сроки.

В представляемом сборнике мы пытаемся всей нашей общественности дать на эти вопросы прямые и честные ответы.

1. К пятидесятым годам нашего столетия был создан ядерный щит. Не будь его, трудно представить себе, чем смогло бы наше государство ответить на ядерные удары противника по многим городам России. Появление нашего мощного противостояния позволило нам мирно прожить более 50 лет. А наличие в нашей стране водородного, термоядерного ору-

зия враз отрезвило агрессивные головы заокеанских противников.

2. Именно у нас появилась первая атомная электростанция, показавшая путь к получению электрической энергии за счет использования нового источника энергии. И здесь мы находимся на первом месте, создав три атомных электростанции с реакторами на быстрых нейтронах, с хорошими перспективами на их дальнейшее развитие.

3. Россия — единственная в мире страна, омываемая на очень больших расстояниях холодными водами Северного Ледовитого океана. Не будь освоенной ядерной энергии, не было бы у нас большого и единственного в мире атомного ледокольного флота.

4. Наличие у нас большого числа подводных кораблей с ядерными паропроизводительными установками — гарантия защиты наших границ.

5. Ход освоения новой техники в атомной промышленности привел к появлению в жизни новых видов материалов, приборов, аппаратуры, без которых немислима современная наука и техника.

6. На сегодня почти все медицинские учреждения, больницы и большая часть поликли-

ник оснащены для диагностики и лечебных целей самыми различными аппаратами, в том числе гамма-терапевтическими. Без такой аппаратуры невозможно лечение лучевых болезней, многих видов злокачественных опухолей. А это все атомная энергия, которая зримо вошла в медицинскую практику. Медицина стала благодарным ценителем атомной техники.

7. Овладение внутриядерной энергией атома привело к созданию и воспитанию новых когортов ученых и экспериментаторов, специалистов, инженеров, которые подняли нашу науку и технику на новую высоту научных свершений. А сколько новых научно-исследовательских институтов, конструкторских организаций, специализированных учреждений по разным отраслям промышленности были созданы в результате хода освоения атомной энергии и для побочных научных приложений

8. Есть у нас и проблемы, которые нужно решать. Это использование снимаемого с ядерного вооружения плутония и высокообогащенного урана-235. Не менее важная проблема — переработка использованного в АЭС и реакторах ВМФ ядерного топлива.

Обо всем этом рассказано в нашем сборнике «Ядерная индустрия России».

СОДЕРЖАНИЕ

К ЧИТАТЕЛЮ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
Атомная энергия и научно-технический прогресс	12
I. РОДОНАЧАЛЬНИКИ СТАНОВЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ РОССИИ — ИНСТИТУТЫ И КБ	19
НПО «Радиевый институт (РИАН) им. В.Г. Хлопина»	19
От Лаборатории № 2 до Курчатовского института	48
Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов (ВНИИНМ)	69
Здесь были созданы РДС	86
Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ)	106
Всероссийский проектный и научно-исследовательский институт комплексной энергетической технологии (ВНИПИЭТ)	128
Институт теоретической и экспериментальной физики	144
Государственный специализированный проектный институт и его вклад в развитие ядерной промышленности	151
Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры (НИИЭФА) им. Д. В. Ефремова	164
От заводского КБ до ведущего научно-производственного центра атомного машиностроения	171
Центральное конструкторское бюро машиностроения (ЦКБМ) за 50 лет	194
Развитие производственных мощностей для изготовления блоков из урана и лития с целью паработки в ядерных реакторах плутония и трития, ядерного топлива	209
Завод №12 — Машиностроительный завод	248
Сибирь — топливная база ядерной энергетики	264
Производственное объединение «Чепецкий механический завод»	277
Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии (НИКИМТ)	291
Лаборатория «В» — Государственный научный центр Российской Федерации «Физико-энергетический институт» имени А.И. Лейпунского и этапы его деятельности	309
II. ПЕРВЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ	319
База 10, Комбинат № 817, ПО «Маяк»	319
Завод № 45	363
Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС)	366
Формирование и развитие Завода № 22 с 1948 по 1980 г.	369
История центральной заводской лаборатории	376
Уральский электрохимический комбинат (УЭХК)	382
III. СОЗДАНИЕ СЕРИЙНОГО ЯДЕРНО- ОРУЖЕЙНОГО КОМПЛЕКСА	402
Производство ядерных боеприпасов	402
Завод № 550 («Авангард»)	410
«Электрохимприбор»	420
Приборостроительный завод, г. Трехгорный	431
Производственное объединение «Старт»	437
ПО Машиностроительный завод «Молния»	451
Уральский электромеханический завод	460
Производственное объединение «Север»	468
IV. ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА И ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ	475
V. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА	513
Основные этапы развития ядерной энергетики	513
Концерн «Росэнергоатом»	520
Белоярская АЭС	522
Нововоронежская АЭС	529
Ленинградская атомная электростанция	542
Курская АЭС. Дела и люди	554
VI. ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ	563
Сибирский химический комбинат	563
Красноярский Горно-химический комбинат	567
Становление и развитие Ангарского электролизного химического комбината	576
Химико-металлургический завод (ХМЗ), г. Красноярск	584
Кирово-Чепецкий химический комбинат	589
VII. ИНСТИТУТЫ И КБ, РАБОТАЮЩИЕ ПО ЦЕЛЕВЫМ ПРОГРАММАМ	603
Опытное конструкторское бюро «Гидропресс»	603
Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР)	613

Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС)	640	X. СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ МИНАТОМА РОССИИ.....	810
Научно-производственное объединение «Луч»	645	XI. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА И КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	872
Образование и становление Научно-исследовательского института измерительных систем (НИИИС)	660	Объединенный институт ядерных исследований	872
НИИ импульсной техники (НИИИТ)	668	Институт физики высоких энергий (Возникновение, основные вехи, нынешнее состояние, перспективы)....	884
Научно-исследовательский Технологический Институт (НИТИ) — Государственная испытательная станция по отработке и исследованию судовых ядерных энергетических установок (1962—1996 гг.).....	681	Московский радиотехнический институт	894
Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ)	693	ГП «Красная Звезда»	900
Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации	704	К земному солнцу (История исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР и России на установках токамак).....	909
Научно-исследовательский институт химического машиностроения.....	715	XII. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	955
Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Оргстройинипроект»	729	Ядерное приборостроение для атомной промышленности и народного хозяйства	955
VIII. СЫРЬЕВАЯ ОТРАСЛЬ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ	736	Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации (ВНИИТФА)....	973
IX. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, ИХ ПЕРЕРАБОТКА И ЗАХОРОНЕНИЕ.....	801	XIII. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	991
		XIV. КОНВЕРСБАНК И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ КОНВЕРСИИ	1025
		ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	1029

Массово-политическое издание

ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ РОССИИ

Редакторы *Т. М. Дубович, Л. Л. Жданова, Т. А. Зайцева, Г. Б. Казьмина, Л. В. Лещинская, Н. А. Медведева, Т. И. Мушинская, Н. В. Ольшанская, Н. Л. Пароева, Т. Н. Платова, Е. А. Путилова, Н. Н. Сошникова*

Художественный редактор *Б. Н. Тумин*

Художник переплета *Б. Н. Тумин*

ЛР № 010256 от 07.07.97.

Набор выполнен в издательстве. Подписано в печать с оригинал-макета 01.02.2000. Формат 84 x 108^{1/16}. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 109,2. Усл.кр.-отг. 109,4. Уч.-изд. л. 110,0. Тираж 1500 экз. Заказ 165 т

Энергоатомиздат, 113114, Москва М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано в типографии НИИ "Геодезия".

г. Красноармейск Московской обл.