

Л.П.ФЕОКТИСТОВ



ИЗ ПРОШЛОГО
В БУДУЩЕЕ

Л.П. Феокистов

ИЗ ПРОШЛОГО В БУДУЩЕЕ

От надежд на бомбу к надежному реактору

(Воспоминания, избранные статьи)

Издательство РФЯЦ — ВНИИТФ
Снежинск
1998

ББК 31.9

УДК 621.039.9+539.1

Ф-31

Ф-31. Феокистов Л.П. Из прошлого в будущее : От надежд на бомбу к надежному реактору. (Воспоминания, избранные статьи). Снежинск, Издательство РФЯЦ—ВНИИТФ, 1998, 326 с.

Книга состоит из двух частей. В первой "Из прошлого..." автор излагает свои взгляды на историю создания ядерного оружия в нашей стране, вспоминает эпизоды из истории советского атомного проекта и ученых, сыгравших в ней выдающуюся роль, а также о безграничных возможностях мирных ядерных взрывов. Вторая часть книги "...В будущее" не похожа на первую: в ней нет воспоминаний, нет взрывов; она целиком посвящена ядерной науке и технике, ядерной энергетике, ее проблемам и перспективам.

Книга предназначена всем тем, кому интересна судьба ядерной науки и техники.



Лев Петрович Феокистов, член-корреспондент РАН, работает в Физическом институте им. П.Н. Лебедева. С 1955 года жил в г. Челябинск-70 (г. Снежинск) и работал в Российском Федеральном Ядерном Центре — Всероссийском НИИ технической физики, с 1967 года по 1977 год в должности первого заместителя научного руководителя. Основные научные интересы относятся к области ядерной физики и техники. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Герой Социалистического Труда.

ISBN 5-85165-331-0

© РФЯЦ — ВНИИТФ, 1998

Воспроизведение настоящего издания любым способом возможно только с разрешения Издательства РФЯЦ — ВНИИТФ.

ПРЕДИСЛОВИЕ

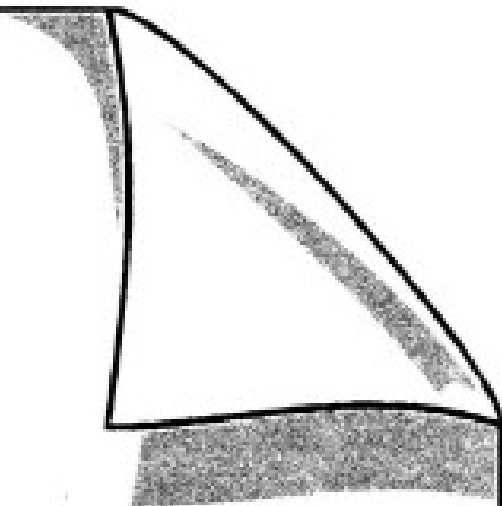
Предлагаемая вниманию читателей яркая и необычная книга написана моим другом и учителем Львом Петровичем Феокистовым — человеком очень неординарным. Льву Петровичу принадлежат выдающиеся заслуги в создании российского ядерного оружия. Его идеи лежат в основе многих рекордных ядерных зарядов, рекордных ядерных взрывных устройств для промышленных целей. Л.П. Феокистов — один из создателей Российского Федерального ядерного центра — ВНИИ технической физики в г. Снежинске, и его роль в становлении нашего института и в его достижениях чрезвычайно велика.

Книга состоит из двух частей. Первая часть, “гуманитарная”, представляет собой воспоминания об истории создания советского ядерного оружия. Особую ценность этим страницам, очень эмоциональным, иногда спорным, придает то, что они написаны не сторонним наблюдателем, а активным участником, одним из творцов этой истории. Автор уделяет большое внимание людям, роль которых в создании ядерного оружия до сих пор недостаточно оценена. Вторая часть, “техническая”, посвящена главному в настоящее время увлечению Л.П. Феокистова: поиску и обоснованию нетрадиционных подходов к ядерной энергетике, направленных на коренное улучшение ее безопасности. Эта задача, безусловно, имеет огромное значение для человечества, для судьбы нашей цивилизации.

Очень хотелось бы, чтобы эта книга нашла заинтересованных и непредвзятых читателей.

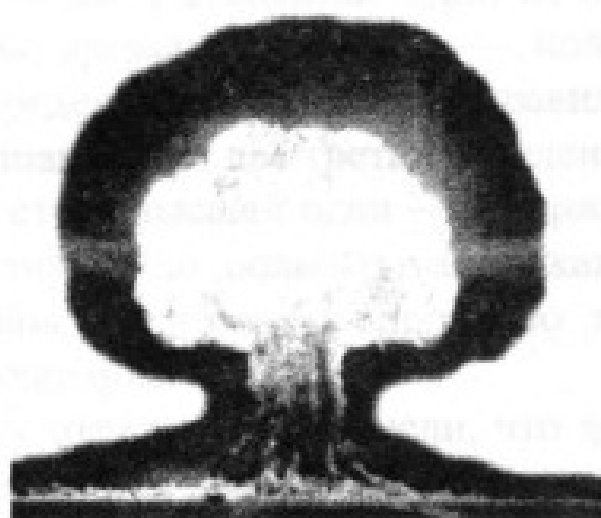
Она выходит к юбилею Льва Петровича, и коллектив нашего института желает ему и в 70 лет оставаться “Львом”, которого мы знаем и любим — всегда полным неожиданных идей, творческих замыслов.

*Директор и научный руководитель РФЯЦ—ВНИИТФ,
академик Е.Н. Аврорин*



ЧАСТЬ 1

Из прошлого...



ВВЕДЕНИЕ

Полвека назад завершилась Великая война. Фашизм был повергнут, нацисты предстали перед военным судом в Нюрнберге за геноцид против евреев и цыган, за массовое истребление славян и других народов, за печи-крематории, за опыты над людьми, за то, что полмира пытались превратить в рабов.

В высшей мере поучительно и справедливо, что главари “третьего рейха” были сурово наказаны, и что суд над ними вершился от имени международного сообщества.

Нюрнбергский процесс, как известно, состоялся после победы. Гораздо более сильная, на мой взгляд, идея заключается в том, чтобы от имени всего человечества заранее провозгласить: *“Политические руководители, которые развяжут войну с массовой гибелью людей — будь то ядерная, химическая, биологическая — будут признаны военными преступниками, а их имена будут прокляты Богом, людьми, собственными детьми и внуками”*.

Как-то мне пришлось видеть американский фильм “На другой день”, в котором создается картина массового ядерного нападения. В конце фильма свои комментарии дают эксперты. Один из них — сенатор, его рассуждения особенно врезались в память, — полагает, что фильм, живописуя ужасы, вреден, так как дает неправильную ориентацию. “Пусть погибнет половина или две трети населения, — заявляет эксперт — это все равно стоит высшей цели — утверждения истинной демократии”. Демократии, надо полагать, американской. Как видите, вместо 40 миллионов, погибших в прошлую войну, “в расход” готовы пустить уже миллиарды ...

Ни тогда, ни сейчас я не могу отделаться от мысли, что вся его “философия” построена на очевидном для него факте: и он сам, и его семья (при его деньгах, положении, бункерах и так далее) находятся не в той половине или трети, которой суждено погибнуть “за идею”.

В истории ядерного разоружения меня обескураживает одно обстоятельство. В ряду общих мер по разоружению на передний план выдвигается уничтожение тактического оружия. Почему? Пусть уничтожается оружие вообще: и тактическое, и стратегическое, и ядерное, и любое другое. Но почему приоритет за тактическим оружием? Ведь тактическое, в отличие от стратегического, предназначено для использования его непосредственно на поле боя, то есть во взаимодействии людей военных, специально обученных и, вроде бы, для того определенных.

Стратегическое оружие в виде ракет — наземных, морских, крылатых — и авиационных бомб направлено, как правило, на города. Одна американская подводная лодка типа “Огайо” имеет на борту 192 боевых блока с водородными зарядами. Залп атомной субмарины способен уничтожить любое государство, убить десятки миллионов людей за считанные минуты, притом без разбора, — стариков и младенцев, мужчин и женщин. Даже наши необразованные предки были куда более гуманны, когда с топорами и дубинками решали свои “междоусобицы” в чистом поле, оберегая женщин, стариков, детей. Мы же сегодня, все без исключения, — потенциальные заложники чьих-то политических амбиций и навязчивых идей о переустройстве мира.

В последние годы наше общество стало значительно более открытым. На фронте этих перемен появилось немало сведений, ранее строго секретных, об истории создания ядерного оружия в нашей стране, в печати разгорались дискуссии о роли разведки. Обращает на себя внимание одна странная вещь: энергично начинают проявляться люди, имевшие какое-то, подчас весьма слабое, отношение к ядерному оружию и обеспокоенные тем, чтобы именно эта сторона их деятельности не была забыта. Примечательно, что их энергия самоутверждения, как правило, обратно пропорциональна реальному вкладу.

В некоторых публикациях, которые стали широко известны, бросаются в глаза неточности и, я бы сказал, односторонность, что отчасти и побудило меня решиться на издание этого сборника. Статьи и другие материалы, собранные под одной обложкой, создавались в разное время, в них можно заметить конъюнктурный оттенок, в чем-то они, возможно,

устарели, встречаются повторения. Но в целом они отражают эволюцию моих взглядов на обсуждаемые проблемы и нынешнее умонастроение.

Я понимаю, что сразу после войны Советский Союз вынужден был в ответ на демонстрацию силы в Хиросиме и Нагасаки, в ответ на прямые угрозы ядерного нападения, многочисленные военные базы, окружившие наше государство, создавать свое оружие. Я даже допускаю, что именно энергичные меры, направленные на создание атомной бомбы, предотвратили ядерную войну и гегемонию американского милитаризма, и все же ... И все же, все мы, кто создавал оружие, не должны забывать о своей доле ответственности перед людьми, ответственности за то, что сделали человека беззащитным перед рукотворной ядерной стихией.

Нет смысла кого-либо осуждать — каждый сам себе судья, но душевное беспокойство за напрасно потраченные усилия, не покидает меня и с годами только усиливается.

ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ АТОМНОМ ОРУЖИИ

Ботвинник как-то сказал, что научиться играть в шахматы очень легко, научиться хорошо играть в шахматы очень трудно. Приведенное высказывание похоже на аксиому, ее можно обобщить на любой вид человеческой деятельности.

Достигнуть тех высот, которые имеют ядерные страны в конструировании атомного оружия, с ходу невозможно. Умение приходит с годами, с опытом, непрерывным экспериментированием. Сделать же бомбу, к которой никаких требований не предъявляется, кроме одного — чтобы она взорвалась, — совсем не трудно, располагая многочисленными справочниками с константами, энциклопедиями и элементарными учебниками. По крайней мере на уровне первых американских бомб или первой советской, потому что в основе их лежат довоенные открытия и, в сущности, простые физические соображения.

Реализации цепной реакции предшествовало два эмпирических открытия: деление U^{235} под действием нейтронов и образование в акте деления ν ($\nu > 1$) нейтронов. На один затраченный нейтрон при делении возникало ν нейтронов, и нейтронная цепь развивалась.

Первая самоподдерживающаяся цепная реакция была осуществлена Э. Ферми на сконструированном им котле в Чикаго. Спустя три года американцы сделали бомбу.

Далее история неоднозначна. На одном из зданий Института атомной энергии им. Курчатова в Москве висит доска, которая свидетельствует, что здесь впервые в Европе (в 1946 году) осуществлена цепная реакция (а еще через 3 года взорвана бомба). Однако по свидетельству генерала Гровса в его книге “Об этом теперь можно сказать”, немцы в декабре 1944 года в Берлине достигли самоподдерживающейся реакции. Если это так, и на мгновение поверить в страшную статистику того, что первый реактор и взрыв отделяют

друг от друга три года, то, затянись война до 1947 году, она могла бы превратиться в ядерную.

Элементарные сведения о процессах, происходящих в бомбе, и масштабах величин могут быть понятны из простых соображений.

Пусть имеется кусок вещества, способного к делению (например, U^{235}), в который попадает нейтрон. Какова его судьба? Он либо вызовет деление, либо бесполезно поглотится веществом, либо, проплывав, диффундирует через наружную поверхность. Важно установить, что будет на следующем этапе — уменьшится или увеличится число нейтронов в среднем, или, выражаясь по-иному, ослабнет или разовьется цепная реакция. Как принято классифицировать, будет ли система в подкритическом или надкритическом (взрывном) состоянии. Так как вылет нейтронов регулируется размером (для шара — радиусом), то возникает понятие критического размера (и массы). Для развития взрыва размер должен быть больше критического.

Нейтрон, летая по веществу, изредка сталкивается с ядром, он как бы видит его поперечное сечение. Размер поперечного сечения ядра $\sigma = 10^{-24} \text{ см}^2$ (эта единица называется барн). Если N — число ядер в кубическом сантиметре, то комбинация $L = 1/N\sigma$ дает среднюю длину пробега (путь) нейтрона по отношению к ядерной реакции.

Длина пробега нейтрона — единственная размерная величина, которая может послужить отправной для подсчета критразмера. В любой физической теории используются методы подобия, которые, в свою очередь, строятся из безразмерных комбинаций размерных величин, характеристик системы и вещества. В гидродинамике таковым является число Рейнольдса, для тепловых явлений — число Прандтля, и так далее. В данном случае таким безразмерным числом является отношение радиуса к длине пробега. Если принять, что безразмерное число порядка единицы, а длина пробега при типичном значении $N \approx 10^{23}$, $L = 10$, то ясно уже отсюда, что критический размер не доли сантиметров и не метры, а масса — не граммы и не тонны.

Но это не все. Так как $N \sim \rho$, где ρ — плотность материала, то $r_k \sim 1/\rho$, а критическая масса $M_k \sim 1/\rho^2$. Это означает, что если бы посредством какого-то механизма нам удалось бы сжать материал

вдвое, то необходимая масса сократилась бы вчетверо. Великолепный способ сэкономить дорогостоящий делящийся материал. Не в этом ли состоит идея перевода вещества из безопасного подкритического состояния во взрывное, надкритическое? Оценим, возможно ли сжатие твердого тела. Жесткость твердого материала определяется межатомными связями, которая, в свою очередь, связана со скоростью распространения звука — c . Величина c^2 выражает энергию связи ϵ , приходящуюся на один грамм вещества: $\epsilon \sim c^2 = 10^{11}$ эрг/г. Отсюда следует оценка давления, способного вызвать заметное сжатие $p = \rho c^2$ ($p \approx 10^6$ атм. = 1 млн. атм.). Калорийность взрывчатого вещества $q \approx 5 \cdot 10^{10}$ эрг/г. 50 кг ВВ способны сжать 5 кг металла в 2–2,5 раза.

Описанный способ перевода через критическое состояние известен в американской литературе как “имплозия” или “взрыв внутрь”. Он использовался уже в первой плутониевой американской и советской (в 1949 году) бомбах. Из энергетических соображений можно подсчитать, что характерная скорость сжатия составляет в приведенном примере примерно 3 км/сек, а радиус сжатого плутония — 3 см. Значит, время сжатия 10^{-5} сек, а время пребывания в надкритическом состоянии — около половины от времени сжатия. При длине пробега нейтрона до деления 10 см и скорости нейтрона 10^9 см/сек, время между делениями $\tau \approx 10^{-8}$ сек. Цепная реакция лавинообразно нарастает, число нейтронов следует закону $N \sim e^{t/\tau}$, где t — время пребывания в надкритическом состоянии, τ — некая усредненная константа (скорость размножения нейтронов $1/\tau$ равна нулю в критическом состоянии и достигает величины 10^8 в момент максимального сжатия, комбинация $\Lambda(t) = t/\tau$ называется числом поколений нейтронов).

Если выделившаяся ядерная энергия сравнима с энергией ВВ, то сжатие прекратится, и начнется обратный процесс разлета. Это случается при $\Lambda \approx 40 \div 45$, когда общее число нейтронов велико. При медленном сжатии набор поколений может завершиться задолго до момента максимального сжатия, соответствующего наибольшему

энерговыделению, произойдет “хлопок” с уменьшением энергии в десятки раз по сравнению с оптимальной.

Наоборот, при очень большой скорости движения (и малой массе вещества — очень сильном сжатии) поколения не набираются вовсе, хотя надкритичность, и даже значительная, может осуществиться. Именно эта ситуация реализуется при попытках вызвать цепную реакцию в малых мишенях из плутония с помощью концентрации мощных лазерных лучей (в отличие от лазерного термоядерного синтеза). Элементарный подсчет показывает, что осуществить цепную реакцию удастся только при массе более десяти грамм плутония, энергии лазеров в десятки мегаджоулей и энерговыделении тонны ТНТ, не осуществимых в рамках лабораторного эксперимента.

ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Атомная бомба, сброшенная на Хиросиму, обладала мощностью 20 *кт*. Разрушениям был подвергнут практически весь город. В радиусе до 8 *км* полностью или частично было разрушено 60 тысяч домов. Возник огненный шторм, длившийся шесть часов, который сопровождался сильным ветром со скоростью 50–60 *км/ч* со всех сторон в направлении горящего города. Железо и другие металлы вблизи эпицентра взрыва испарились, поверхностный слой грунта оплавился и зашлаковался на значительную глубину. В Хиросиме сразу погибло 78 тысяч человек и было ранено 64 тысячи человек, а с учетом последующего воздействия проникающей остаточной радиации — 163 тысячи человек. Таким образом, общее число пострадавших составило 240 тысяч человек.

Мощность современных зарядов выражается в мегатоннах. Используя печальный опыт Хиросимы и Нагасаки, группа экспертов ООН проанализировала возможные последствия ядерного взрыва в одну мегатонну по городу с площадью 250 *км²* и с населением в 1 млн. человек. Город практически будет уничтожен, сразу погибнет 270 тысяч человек от ударной волны и теплового излучения, от облучения еще 90 тысяч человек, не менее 90 тысяч человек будет ранено. В городе не будет воды, электроэнергии, газа, некому будет оказывать медицинскую помощь.

При ударе боеприпасом в 10–20 *Мт* радиус поражения возрастет в 2–2,5 раза, а площадь разрушения достигнет примерно 500 *км²*, то есть больше размеров города. Пожары охватят район в радиусе 30 *км*, а непосредственная угроза для жизни будет в радиусе до 60 *км*. При наземном взрыве образуется кратер диаметром 800 *м* и глубиной 75–90 *м*. Зона поражения в направлении ветра протянется на сотни километров. Так взрыв над Лондоном создал бы зону смерти, разрушений и радиоактивного заражения в Париже. А ведь речь пока что шла об одиночном взрыве, что же будет при массовом ядерном ударе?

Много писалось о “ядерной зиме”. Напомним вкратце, что при взрыве в атмосферу выбрасывается грунт в количестве, примерно равном мощности, выраженной в тоннах тротила (одной мегатонне соответствует миллион тонн грунта). Путем прямых расчетов и сравнений с крупнейшими вулканическими извержениями доказывается, что десять тысяч мегатонных взрывов способны поднять такое количество пыли, что она нарушит прозрачность атмосферы, солнечные лучи не дойдут до поверхности. Наступит резкое похолодание и гибель всего живого.

Непосредственное действие оружия может быть усилено выбором цели. Представим себе вполне “безобидную”, на первый взгляд, ситуацию, когда бомба мощностью в 1 Мт взрывается над лесным массивом. Излучение взрыва немедленно вызовет пожар на площади около 10^3 км², содержащей десять миллионов кубических метров леса.

Очень трудно предсказать характер развития этого грандиозного пожара: будет ли он распространяться дальше или потухнет из-за нехватки кислорода. Если в качестве компромиссной оценки принять, что лес сгорит на территории 10^3 км², то тепло, выделившееся от горения леса будет превосходить энергию собственно взрыва в десятки раз. Пожар будет сопровождаться мощными бурями, вызванными перемещениями разогретого воздуха в верхние слои атмосферы вместе с продуктами горения — золой.

Десять тысяч имеющихся бомб хватит, чтобы сжечь лес на площади 10^6 км². Общее энерговыделение будет сравнимо с потреблением человеком энергии в продолжении десятков лет, зола “закроет” Солнце, ее толщина в пересчете на всю Землю составит доли миллиметра.

Многие глобальные эффекты ввиду их грандиозности не могут быть определенно предсказаны, оценены и смоделированы в лабораториях. Вместе с тем, природа дает примеры неустойчивости, например, в виде ледниковых периодов, полностью изменивших климат Сибири. Наличие каменного угля, останков мамонтов на Таймыре свидетельствуют как о длительном тепловом периоде, так и о внезапном похолодании.

Можно сказать, что люди уже сейчас располагают силой в виде ядерной энергии, способной вызвать необратимые последствия для всей экосистемы, включая человека. Такова вполне беспросветная картина массовой ядерной войны.

Я многократно возвращаюсь к следующим рассуждениям: высшая фундаментальная наука об элементарных частицах, изучая взаимодействие нуклонов с помощью мощнейших ускорителей, все глубже уходит в секреты мироздания. Перестройка электронных оболочек атома лежит в основе пороха и взрывчатых веществ, перестройка нуклонных состояний в ядре способна выделить в миллионы раз большую энергию. Кто знает, может статься, что внутри нуклонов обнаружатся энергетические потенциалы еще в тысячи раз превосходящие ядерные. Полезные, с точки зрения общемировоззренческих позиций, возможно, для каких-то экзотических электростанций, они будут не нужны для военных задач. Причина в том, что есть предел, он достигнут: человека достаточно убить один раз, и бессмысленно это делать два, десять, тысячу раз. Современное ядерное оружие несет в себе характер абсолютного, его усовершенствование не может обнаружить сколько-нибудь существенных преимуществ по сравнению с достигнутым.

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ — КАК ПРАВИЛЬНО ЕГО ОПРЕДЕЛИТЬ?

Казалось, что за вопрос, после Хиросимы и Нагасаки, после свыше 1000 испытаний. И все же, если речь коснется юридических норм, потребуются точные формулировки. Поражающими факторами ядерного оружия являются ударная волна, проникающее излучение, радиация, электромагнитный импульс, световая вспышка. В той или другой мере могут быть усилены или ослаблены факторы поражения в разных видах оружия. Иногда они представлены в единственном виде, и тогда теряется связь с привычным представлением об атомной бомбе. Например, так называемое радиационное оружие, которое предназначается для истребления людей при помощи радиоактивности. Источниками радиоактивности могут служить извлеченные из АЭС радиоактивные изотопы или специально приготовленные на реакторах, в том числе непосредственно перед использованием на борту летательного аппарата. Интересный факт. Как свидетельствует уже упомянутый генерал Гровс, солдаты союзнических войск при высадке во Франции в 1944 году (второй фронт), в связи с опасениями, что немцы применяют против них радиоактивные вещества, были снабжены счетчиками Гейгера.

В этой же связи поразительный пример своеобразного “камикадзе”. Предположим, что десять тысяч мегатонных бомб вследствие внезапного первого удара теряют способность взлететь и взрываются по команде на собственной территории за секунды до уничтожения. На этот случай в них предусмотрена особенность — они окружены небольшим слоем кобальта. Прежде чем кобальтовая оболочка разрушится, она взаимодействует с нейтронами взрыва, при этом образуется радиоактивный изотоп Co^{60} . Рассеянный в атмосфере кобальт затем выпадает на Землю. В предположении равномерного распределения по всей Земле, облучение составит примерно 1000 рентген в год, смерть человека наступит

в течение нескольких месяцев, где бы он не находился. Радиоактивный кошмар продлится десятилетия (период полураспада Co^{60} — 5 лет). Так можно ли взрывать бомбы на собственной территории?

Другая возможность. Известно, что современное наиболее мощное водородное оружие использует и реакции деления, и реакции синтеза. Однако в принципиальном плане возможны “чистые” бомбы, не имеющие делений. Чем меньше мощность такой бомбы, тем более она “нейтронна” (речь не идет о нашумевшей нейтронной бомбе, о ней — подробнее в главе о дезинформации), тем сильнее в ней выражен нейтронный фактор поражения по сравнению с другими. Дело в том, что распространение проникающего излучения сдерживается атмосферой воздуха. Характерная длина поглощения составляет $L \approx 200$ м. Вследствие этого наращивание мощности и, соответственно, радиуса поражения свыше 200 м малоэффективно (зависимость радиуса поражения от мощности слабая — логарифмическая). По эффективности маломощные термоядерные бомбы все же достаточно далеко отстоят от обычной химической. Сделать такую бомбу труднее, так как требуется наличие высококвалифицированного персонала. Однако для стран с неразвитой атомной промышленностью — легче, так как не требуется U^{235} и Pu . По имеющимся представлениям нужно около 0,1 г трития в смеси с дейтерием, воспламеняемого с помощью обычной взрывчатки (1–2 т). При выходе нейтронов 10^{20+21} радиус поражения составляет сотни метров и является преобладающим. Хотя такая, истинно нейтронная, бомба имеет выход нейтронов в тысячу раз меньше, чем атомная, но и в тысячу раз меньший расход дефицитного реакторного материала.

Куда же, к какой категории отнести коварное радиационное оружие или специфическое нейтронное?

Единственная логически непротиворечивая формулировка, создающая однозначность, заключается в определении: “Всякое оружие, использующее ядерные реакции и превращения, называется ядерным”. Вместе с тем проблема требует уточнения и в другом плане.

Многие страны сейчас имеют развитую атомную промышленность, предназначенную для нормального функционирования атомных электростанций. На самих атомных электростанциях происходит накопление огромного количества радиоактивных изотопов. Для человека в некотором роде безразлично, откуда взялась смертельная радиоактивность, вследствие применения ядерного оружия или разрушения АЭС. Для сравнения укажем, что АЭС содержит в себе быстро распадающуюся радиоактивность (дни) на уровне бомбы мощностью около 100 кт, и долго живущую (годы), в десятки раз превосходящую взрыв мегатонной бомбы.

Поэтому отдельной строкой следует выделить еще одно важное положение. *Всякое преднамеренное разрушение атомных (термоядерных) станций должно приравниваться к использованию ядерного оружия.* Но и на этом рано ставить точку. В атомных станциях нет выделенности, потому что наряду с АЭС и другими атомными объектами существуют могучие химические комбинаты, всякого рода предприятия биологического профиля — сельскохозяйственные (пестицидов), лекарственные, генной инженерии и тому подобное, мирные сами по себе, призванные служить благополучию человека. Однако их разрушение может вызвать экологическую катастрофу бо́льшую, чем прямое использование химического или биологического оружия.

Парадокс заключается в том, что наиболее развитые в промышленном и военном отношениях государства, подвергаются наибольшей опасности. Если в качестве количественной меры принять насыщенность, к примеру, атомными станциями (то есть их мощность на единицу площади), то наиболее опасной выглядит Западная Европа, в десятки раз превосходящая Россию по этому параметру.

Развитие мирной промышленности несовместимо с военными намерениями. Нельзя допустить, чтобы действия, направленные на благо человека, обратились в свою противоположность.

Противоречия, порожденные развитием военной техники, прямо отражаются на настроении общества. Мы начинаем бояться там, где следовало бы гордиться — в химии, биологии, ядерной науке.

К ИСТОРИИ ВОДОРОДНОГО ОРУЖИЯ*

По поводу развития атомной промышленности в России, создания первой атомной бомбы, роли разведки написано немало, и нет необходимости повторяться. Но все подобного рода материалы обрываются началом 50-х годов или фрагментарны. Лишь в одном месте, в воспоминаниях Ю.Б. Харитона, упоминается, что и в отношении американской водородной бомбы имеется документ от разведки. Но никак не раскрывается его содержание. Возможно, прав был А.Д. Сахаров, который считал, что идея термоядерной детонации в жидком дейтерии (“труба” Зельдовича) является “цельнотянутой”. Загадочным является то, что в попытках создания водородной бомбы мы буквально следовали по пятам американцев, повторяя их “зигзаги” и ошибки, за исключением сахаровской “слойки”, которая в практическом плане не получила развития и была нашим собственным “зигзагом”.

Не располагая точными данными, можно только догадываться, случайно ли это происходило, или причины были более глубокими. Ни мы, ни американцы эту загадку пока не решили.

* Дискуссия об истории создания водородной бомбы развернулась на страницах ряда журналов. См., например: Успехи физических наук: т. 166, № 10, с. 1095–1104; т. 167, № 8, с. 899–902; с. 903–912; Physics Today, Nov. 1996, pp. 26–35, 45–61. (Прим. ред.)

ВОДОРОДНАЯ БОМБА — КТО ЖЕ ВЫДАЛ ЕЕ СЕКРЕТ?

Название предлагаемого раздела точно повторяет название статьи Д. Хирта и У. Мэтьюза, опубликованной (в переводе) в журнале “Успехи физических наук”, май 1991, т. 161, № 5, далее [I]. Поступаю я так умышленно, потому что в мои намерения входит сопоставление различных взглядов на этот острый вопрос. Дело в том, что в полемику с американцами вступил патриарх советской атомной науки, академик Ю.Б. Харитон. В его совместных с Ю.Н. Смирновым выступлениях, изложенных в газетах “Красная звезда” и “Известия” в 1992 году, а также на юбилейной (к 90-летию И.В. Курчатова) сессии Ученого Совета Российского научного центра “Курчатовский институт” очень ясно изложен взгляд на историю развития отечественного водородного оружия, который практически ни в одном пункте не совпадает с американским. Позднее “Курчатовский институт” издал доклад, выдержки из которого цитируются как [II]. Ниже я постараюсь возможно точнее передать позиции сторон и выразить свою, которая, как оказывается, не совпадает с двумя предыдущими. При этом я прошу читателя быть снисходительным — любое воспоминание субъективно: одни и те же события несколько по-разному воспринимаются разными людьми, тем более, что я располагал весьма ограниченной информацией.

Американская водородная бомба начинает свою историю с 1946 года. Именно тогда, вскоре после появления атомных бомб, Э. Теллер сформулировал идею “супербомбы”. Подобно тому, как от капсулы-детонатора инициируется волна горения (детонации) в химическом взрывчатом веществе, в водородной бомбе Э. Теллера распространяется термоядерная волна по дейтерию, вызванная атомным взрывом. Если устойчивое (незатухающее) горение возможно, то оно, вызванное относительно скромной энергией атомного взрыва, затем

при распространении обеспечивает произвольно выделение большого количества энергии. Захватывающая перспектива, не правда ли?

В 1951 году, когда я после окончания Московского Университета впервые появился в группе Я.Б. Зельдовича (Арзамас-16, тогда КБ-11), там с большим энтузиазмом занимались сходной проблемой (отставая, по-видимому, на год-два по отношению к Лос-Аламосу). Не случайно, я думаю, идея термоядерной детонации развивалась в группе Я.Б. Зельдовича, представлявшего вместе с Ю.Б. Харитоном, К.И. Щелкиным и Д.А. Франк-Каменецким замечательную школу Института химической физики, созданную академиком Н.Н. Семеновым. Именно там до войны усиленно развивалась наука о горении и детонации, и обобщение ее на ядерные реакции было вполне естественным.

Сейчас, когда читаешь у Д. Хирта и У. Мэтьюза [1], какие проблемы переживали американские ученые в связи с супербомбой, поражаешься, насколько они были сходны с нашими. Например, для нас с самого начала представлялась очевидной невозможность разжигания чистого дейтерия, а только через промежуточную область, насыщенную тритием. Но трития требуется так много, что его производство вступает в острую конкуренцию с производством военного плутония на промышленных реакторах. Нет ответа и на главный, принципиальный, вопрос: “Осуществим ли стационарный режим горения?”. Дело в том, что при любой детонации существует некоторый минимальный размер (радиус детонационного шнура), ниже которого устойчивого режима не существует. Вещество вследствие собственного энерговыделения разлетается быстрее, чем успевает сгореть. Особенностью же высокотемпературной термоядерной плазмы является наличие не только нижнего, но и верхнего радиуса. Всякое вещество, предоставленное самому себе, стремится к термодинамическому равновесию, выравниванию температуры между веществом и излучением. Нетрудно подсчитать, что при рассматриваемых параметрах плазмы подавляющая часть энергии приходится на излучение. Таким образом, создается паразитный отток энергии от вещества, от горячих материальных частиц, вступающих в ядерную реакцию,

к излучению. Однако при небольшом размере трубы большая часть фотонов, не набрав равновесной энергии, покидает горячую область, и энергобаланс оказывается сдвинутым в пользу вещества. Этим объясняется наличие двух радиусов, разлетного и радиационного, причем первый должен быть больше некоторого значения, а второй — меньше некоторого другого. Трудность задачи состоит в том, что радиусы эти очень близки. До сих пор осталось невыясненным, есть ли между ними щель, необходимая для существования устойчивого распространения.

В 1951 года президент США Г. Трумэн направил Комиссии по атомной энергии директиву о возобновлении работы по созданию водородной бомбы.

“К концу 1950 году Э. Теллер был в отчаянии, потеряв надежду на создание работоспособной конструкции водородной бомбы.” “Осознание того факта, что “классическая супербомба” нереальна, пришло в считанные месяцы после того, как Трумэн объявил программу, обязывающую ученых сделать такую бомбу” [1].

“By the end of 1950, Teller was desperate for a workable H-bomb”. “The realization that the classical Super would not work came just months after Truman's commitment to a crash program”.

Кстати сказать, к аналогичному выводу в группе Я.Б. Зельдовича пришли к концу 1953 года.

То, что вещество горит тем полней и быстрее, чем выше его плотность, следует из самых общих соображений. Задача состояла в том, чтобы понять, как достигнуть высокой степени сжатия.

“Замечательные способы получения чрезвычайно высоких сжатий дейтерия впервые пришли в голову Уламу, когда он размышлял над проблемами повышения эффективности атомных бомб, основанных на делении тяжелых элементов. У него возникла идея о фокусировке на дейтерии механической энергии, высвобождаемой при взрыве обычной атомной бомбы. Чтобы осуществить такую фокусировку, необходимо надлежащим образом направить ударную волну по окружающему материалу. Этот способ обещал колоссальное сжатие дейтерия.

Когда Улам сообщил Теллеру о своей схеме сжатия дейтерия во время их исторической встречи в начале 1951 года, Теллер предложил свой вариант, согласно которому не ударные волны сжатия от взрыва атомного устройства, а радиация от этого первичного взрыва должна вызвать так называемую имплозию, приводящую к сильнейшему сжатию дейтерия. В своем совместном отчете Улам и Теллер ссылаются на эти схемы сжатия, как на фокусировку энергии атомного устройства с помощью "гидродинамических линз и зеркал для излучения атомного взрыва".

Схема Улама–Теллера, использующая радиацию взрыва с целью сжатия и инициирования отдельно расположенного компонента бомбы, содержащего термоядерное топливо, ознаменовала полный отказ от классической концепции супербомбы Теллера"[1].

"A remarkable means of obtaining extreme compressions in the deuterium was first conceived by Ulam in connection with his work on increasing the efficiency of fission bomb. His idea was to focus the mechanical energy released from an ordinary fission bomb onto the deuterium by appropriately directing the shock wave of high pressure that explodes away from the fission bomb through the surrounding material. In this manner the deuterium could be profoundly compressed. When Ulam told Teller of his scheme in their famous breakthrough meeting in early 1951, Teller proposed a variant in which radiation from the primary fission bomb, rather than the shock wave, would cause a convergence or implosion of energy to compress the deuterium. In their joint report Ulam and Teller referred to these compression schemes as "hydrodynamic lenses and radiation mirrors".

The Teller–Ulam idea to use radiation from a fission explosive... to transfer energy to compress and ignite a physically–separate component containing thermonuclear fuel was a radical departure from the classical Super design" [1].

31 октября 1992 года был произведен взрыв термоядерного устройства “Майк” (то что у нас называется физическим опытом), который к торжеству американских исследователей, подтвердил схему атомного сжатия. Наконец, в 1954 году США испытали боевую водородную бомбу, осуществив, тем самым, окончательный поворот к новой технологии, уцелевшей в основных чертах до наших дней. Но уже в ноябре 1955 года на Семипалатинском полигоне русские взорвали свою водородную бомбу новейшего образца. Стало ясно, что в споре с американскими учеными мы сумели ликвидировать разрыв, притом в столь короткие сроки, что это никак не укладывалось, с точки зрения американцев, в разумные рамки. Выдвинуто немало версий, так или иначе объясняющих успех советских ученых, но спор все еще не утих.

Виднейший теоретик Лос-Аламоса Г. Бете считает, что открытие Улама-Теллера имело случайный характер, и поэтому было бы совершенно невероятным совпадение, что русский проект шел аналогичным путем без американского влияния. Первоначально “чудо” русское связывали с предательством Фукса. Однако быстро разобрались, что такое не могло произойти, так как Фукс был разоблачен и прекратил свою деятельность в пользу Советского Союза раньше, чем возникла идея Улама. (Впрочем, если судить по последним изысканиям Г.А. Гончарова, Фукс был весьма близок к идеям Улама-Теллера. Но они, скорее всего, в свое время не были восприняты ни в США, ни в России). Затем было высказано предположение, которое превратилось в уверенность в том, что русские сумели взять продукты взрыва опыта “Майк”, распространившиеся в атмосфере, и расшифровать их. В самом деле, в радиоактивных продуктах взрыва содержится определенная в этом отношении информация. Количество рожденных вследствие взаимодействия ядерных и термоядерных нейтронов с тяжелыми атомами урана трансурановых элементов сильно зависит от того, насколько быстро протекают реакции. Скорость же реакции пропорциональна плотности вещества, и наличие далеких трансуранов может свидетельствовать о высокой степени сжатия вещества. Но, во-первых, трансуранов мало, их улавливание из атмосферного облака дело хлопотное и требует большой тщательности. “Получили ли советские ученые полезную информацию для

конструирования водородного оружия в результате радиохимического анализа атмосферных проб после термоядерного взрыва в США 1 ноября 1952 года? Определенно нет, так как организация работ у нас была в то время еще на недостаточно высоком уровне и полезных результатов не дала” [II]. Нужно заметить, что и позже, когда подобная работа была хорошо организована, нас интересовали не столько радиоактивные трансурановые элементы, сколько осколки деления, соотношения между различными изотопами, из которых мы выводили степень “термоядерности”, наличие тех или иных ядерных и конструкционных материалов и тому подобное.

Во-вторых, сведения о сжатии не дают возможности сделать заключение о том, как оно достигнуто, то есть носят косвенный характер. Если бы из анализа радиоактивности тогда последовали глубокие революционные выводы, как представляет себе Г. Бете, то это носило бы характер сенсации. Информация непременно дошла бы до исполнителей в своем первичном виде, так как в ней самой не содержится элементов секретности. Со всей определенностью утверждаю, что за время наших радиохимических поисков никаких необычных сведений мы для себя не получили.

Наконец, в-третьих. “На вопрос, не является ли трехлетний период между испытанием “Майк” и взрывом первой советской водородной бомбы в 1955 году примерно тем временем, которое потребовалось Советам для переработки информации по осколкам в атмосферных осадках, чтобы сконструировать и создать собственную водородную бомбу, Бете ответил: “Думаю, вы правы. Я тоже так считаю”.” [I].

“Asked if the three-year period between the Mike test and the detonation of the first Soviet H-bomb in 1955 was about the expected interval required for the Soviets to assimilate the fallout information and to design and construct their own bomb, Bethe replied, You are exactly right. That's exactly what I think”.

Так вот, никакого трехлетнего интервала не было. В лучшем случае — год-полтора. В 1953 году мы были полностью заняты своими

внутренними делами: подготовили и провели испытание своей водородной бомбы, сахаровской “слойки”^{*}. При этом были уверены, что вместе со “сложкой” мы не только догоняем, но даже перегоняем Америку. Бомба подготавливалась к испытанию в боевом варианте. В ней в качестве основного термоядерного горючего использовался дейтерид лития^{**}, а не газообразный или жидкий (замороженный) дейтерий.

Конечно, уже тогда мы слышали об испытании “Майк”, но только несколько лет назад я узнал об истинном назначении опыта, его глубоком содержании. В то время мы думали, что богатые американцы взорвали “дом с жидким дейтерием” ради утверждения приоритета по схеме, близкой к детонационной “трубе” Зельдовича.

В начале 50-х годов в Арзамасе-16 развивались два направления: “труба” и “слойка”. И если “труба” шла к своему концу и постепенно становилась ясной ее бесперспективность, то в отношении “слойки” положение было обратное. К ней было приковано всеобщее внимание, она подготавливалась к испытаниям и была нашей национальной гордостью. В “слойке” использовалось интересное предложение А.Д. Сахарова. В состав атомного заряда включались слои из водородонесущего материала (LiD) для усиления деления по схеме “деление—синтез—деление”. Исходно плотность легких и тяжелых слоев отличалась в десятки раз. При взрыве, когда материал разогревался и ионизировался, происходило сильное сжатие легких слоев со стороны тяжелых, что способствовало резкому возрастанию скорости термоядерных реакций^{***}.

В августе 1953 года на башне Семипалатинского полигона была успешно испытана первая советская водородная бомба. Подтвердились расчеты, полный триумф. А.Д. Сахаров за несколько

* “1-я идея” в терминологии книги “Воспоминания” А.Д. Сахарова. (Прим. ред.)

** “2-я идея”, принадлежащая академику В.Л. Гинзбургу. (Прим. ред.)

*** В кругах отечественных разработчиков ядерного оружия до сих пор называется “сахаризация”. (Прим. ред.)

месяцев становится доктором физико-математических наук*, академиком, лауреатом Сталинской премии, Героем Социалистического труда, провозглашается, несмотря на молодость лет, "отцом" водородной бомбы.

"В США есть физики, которые, по-видимому, из-за недостатка информации полагают, что советская бомба, испытанная 12 августа 1953 года, не была "настоящей" водородной бомбой... Мощность заряда примерно в 20 раз превосходила мощность атомной бомбы, сброшенной на Хиросиму и имевшей такие же габариты и вес. Уже по этой причине испытанный заряд поднимал уровень ядерного оружия на новую ступень. Более того, схема этого заряда допускала создание водородной бомбы порядка мегатонны. Очень важным показателем испытанного заряда являлась его "термоядерность", то есть вклад собственно термоядерных реакций в полную величину мощности. Этот показатель приближался к 15–20 %"[П].

Никто не сомневался в то время, что и дальше мы будем идти по своему отечественному пути, развивая первый успех. Однако события к концу 1953 года, в разгар, можно сказать, эйфории и вроде бы вопреки логике, неожиданно стали развиваться совсем в другом направлении.

Разворот событий был неожиданным не только для меня. По-видимому, аналогичное ощущение испытывал и А.Д. Сахаров. Вот что мы находим в его "Воспоминаниях".

"Через несколько дней (после выборов в Академию в ноябре 1953 года — Л.Ф.) меня вызвал к себе Малышев и попросил представить ему докладную записку, в которой просил изложить, как мне видится изделие следующего поколения, его принцип действия и примерные характеристики. Конечно, мне следовало отказаться: сказать, что подобные вещи не делаются с ходу и одним человеком, что необходимо осмотреться, подумать. У меня была идея, не слишком оригинальная и удачная, но в тот момент она

* А.Д. Сахаров защитил докторскую диссертацию на Семипалатинском полигоне по докладу в один день с Е.И. Забабахиным. (Прим. ред.)

казалась мне многообещающей. Посоветоваться мне было не с кем и я написал требуемую докладную...

Через две недели я был приглашен на заседание Президиума ЦК КПСС ...

Результатом заседания ... были два Постановления, вскоре принятые Советом Министров и ЦК КПСС. Одно из них обязывало наше Министерство в 1954–1955 годах разработать и испытать то изделие, которое я так неосторожно анонсировал. ...Другое Постановление обязывало ракетчиков разработать под этот заряд (подчеркнуто А.Д. Сахаровым — Л.Ф.) межконтинентальную баллистическую ракету. Существенно, что вес заряда, а, следовательно, и весь масштаб ракеты был принят на основе моей докладной записки. Это предопределило работу всей огромной конструкторско-производственной организации на долгие годы. Именно эта ракета вывела на орбиту первый искусственный спутник Земли в 1957 году и космический корабль с Юрием Гагариным на борту в 1961 году. Тот заряд, под который это все делалось много раньше, однако, успел "испариться", и на его место пришло нечто совсем иное ..."

Из приведенных цитат становится ясно, что в конце 1953 года принимались необычайно важные решения на самом высоком уровне, не имеющие отношения к реальному последующему развитию событий. Почему? Что же случилось за короткий промежуток времени самого конца 1953 года и самого начала 1954 года?

Началось все (в конце 1953 года или начале 1954 года) с совещания у руководства. Как я, тогда совсем "зеленый", попал туда, не знаю. Скорее всего по прихоти Я.Б. Зельдовича. Детали обсуждения стерлись из памяти, но главный мотив, ради чего собрались, отчетливо сохранился. Речь же шла, ни много ни мало, о том, чтобы прекратить всю предыдущую деятельность, включая "трубу" и "слойку", и переключиться на поиск новых решений. В ответ на чью-то реплику: "Зачем так резко? Давайте развивать старое и искать новое", — последовало возражение И.Е. Тамма, выраженное в энергичной форме и потому хорошо запомнившееся. "Нет-нет. — сказал Тамм. — Человек консервативен. Если ему оставить старое и поручить новое, то он будет делать только старое. Мы должны завтра объявить: "Товарищи, все, что вы делали

до сих пор, никому не нужно. Вы безработные." Я уверен, что через несколько месяцев мы достигнем цели." Мудрый И.Е. Тамм оказался прав. Должен оговориться, что в то время мне очень нравился революционный характер совещания и последующий затем бурный порыв. Понимание того, что все это странно и противостоит природе пришло гораздо позже, спустя десятилетия.

Некоторое время спустя (мне сейчас трудно сказать, когда именно) до меня дошел слух о том, что радиостанция "Би би си" передала в общих чертах содержание состоявшегося совещания. Была ли такая передача на самом деле или все это домыслы, искусственно возбуждаемые и направляемые на поддержание нашей бдительности, мне не известно.

Тогда же появился эскиз, по поводу которого было сказано, что его просил рассмотреть А.П. Завенягин (зам. министра Средмаша). По своему плоскостному изображению эскиз напоминал лезвие безопасной бритвы, поэтому так и назывался у нас "бритва", а по содержанию, как теперь ясно — механическую модель Улама. Хотя затем этот вариант из-за тяжеловесности был отвергнут, некоторые принципиальные черты, зародившиеся на ранней стадии, сохранились до конца. Я не помню другого времени, насыщенного до такой степени творчеством, поиском, когда вдруг пропали внутренние перегородки, делившие людей по узким темам, и вместе с ними исчезла мелочная секретность. Возник могучий коллектив единомышленников. Помнится шутили: "Если нарисуешь один круг — это секретно, два — совершенно секретно, а уж когда три — особой важности." Спустя несколько месяцев внезапно появились, как "свет в темном царстве", новые идеи, и стало ясно, что настал момент "истины". Молва приписывала эти основополагающие мысли в духе Теллера, то Я.Б. Зельдовичу, то А.Д. Сахарову, то обоим, то еще кому-то, но всегда в какой-то неопределенной форме: вроде бы, кажется и тому подобное*. К тому времени я хорошо был знаком с Я.Б. Зельдовичем.

* Сохранился отчет А.Д. Сахарова и Д.А. Франк-Каменецкого, содержащий эти мысли и схему. Отчет заполнен рукой Д.А. Франк-Каменецкого. (Прим. ред.)

Но ни разу не слышал от него прямого подтверждения на сей счет (как, впрочем, и непосредственно от А.Д. Сахарова). То, что мы сотворили тогда, по своей сути вошло во все последующие устройства. Посчитав, что дело сделано, и патриотический долг выполнен, уезжали группы И.Е. Тамма и Н.Н. Боголюбова.

Переезды, затрагивающие судьбы людей, совсем не способствовали тому, чтобы сосредоточиться на доведении новой конструкции до испытания. По сути дела, над ее созданием мы работали только 1954 год и начало 1955 года. В ноябре 1955 года было произведено испытание водородной бомбы нового образца, результат оказался ошеломляющим. Все прочие варианты были вычеркнуты из жизни. Появились первые в стране лауреаты Ленинской премии во главе с И.В. Курчатовым, многим руководителям были присвоены звания Героев (кому второй раз, кому — третий), чинам поменьше — ордена разного достоинства.

Оценивая тот период и влияние американского “фактора” на наше развитие, могу вполне определенно сказать, что у нас не было чертежей или точных данных, поступивших извне. Но и мы были не такими, как во время Фукса и первой атомной бомбы, а значительно более понимающими, подготовленными к восприятию намеков и полунамеков. Меня не покидает ощущение, что в ту пору мы не были вполне самостоятельными.

Недавно мне пришлось побывать в известном ядерном центре США — Ливерморе. Там мне рассказали одну историю, которая горячо обсуждалась в Америке и почти неизвестна у нас, в России. Вскоре после испытания “Майк” в поезде, следовавшем из Принстона в Вашингтон, доктор Вилер <J.A. Wheeler> перевозил сверхсекретный документ, касающийся новейшего ядерного устройства. По неизвестным (или случайным) причинам документ исчез — он всего на несколько минут был оставлен без присмотра в туалете. Несмотря на все предпринятые меры — остановлен поезд, осмотрены все пассажиры, обочины железнодорожного пути на всем протяжении — документ не обнаружен. На мой прямой вопрос к ученым Ливермора — можно ли по документу получить информацию о технических деталях и устройстве в целом — я получил утвердительный ответ.

В связи с этим, мне приходит на память случай, описанный А.Д. Сахаровым. “Я расскажу тут об одном забавном эпизоде, который возможно произошел много раньше или много позже (я нарочно не уточняю даты). Нам показывали фотографии каких-то документов, большинство из них были перекошены, видимо, фотографу было некогда установить свой микроаппарат. Среди фотографий был один подлинник, ужасно измятый. Я наивно спросил: “Почему этот документ в таком состоянии?” — “Видите ли, его пришлось выносить в трусиках” ”.

Как видите, и у меня выстраивается своя, доморощенная, версия “влияния”.

Летом 1955 года треть научных сотрудников покинули Арзамас-16 (ВНИИЭФ) для укрепления нового института в Челябинске-70.

В 1995 году исполнилось сорок лет со дня образования Челябинска-70 (ВНИИТФ — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики — условное название, Снежинск — современное название города). Начинали там научную деятельность люди, которые приобрели свои знания и опыт в недрах “старого объекта” — Арзамаса-16 (ВНИИЭФ — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики — условное название, Саров — современное название города).

О причинах разделения “старого объекта” и возникновения нового можно только догадываться. Назывались стратегические соображения: два — не один, и подальше от опасных западных границ. Но, думается, причина более прозаична: создавался конкурент, чтобы “старый кот не дремал”. Собственно говоря, такое было не внове. Во всех сложных производствах стремились исключить монополизм, будь то авиация, ракетостроение, морской флот и т. п.

В последние годы появилось много материалов, касающихся создания в стране ядерного оружия. Среди них наибольшую ценность представляют “Воспоминания” А.Д. Сахарова и многие публикации Ю.Б. Харитона. Совершенно естественно, что именно они, наиболее яркие ученые, поделились своими взглядами на историю создания ядерного оружия. Но не будем забывать, что и Юлий Борисович, и Андрей Дмитриевич — основатели и ведущие фигуры КБ-11, и в их воспоминаниях почти не затрагивается деятельность Челябинска-70. В довольно подробных “Воспоминаниях” А.Д. Сахарова не нашлось места, чтобы оценить творческие достижения нашего института. Наряду с этим имеются слова: “Сложные взаимоотношения со вторым “объектом” во многом определили наш “быт” в последующие годы ...

Министерство (особенно при преемниках А.П. Завенягина) явно протезировало второму "объекту". Вероятно, далеко не случайно там была гораздо меньшая еврейская прослойка в руководстве ...

Министерские работники между собой называли второй "объект" "Египет", имея ввиду, что наш — "Израиль", а нашу столовую для научных работников и начальства ("генералку") — "Синагогой".

Что можно сказать по этому поводу? Во-первых, о такой терминологии острословов Министерства или кого-то другого я и, думаю, многие мои товарищи узнали из книги А.Д. Сахарова. Во-вторых, взятая сама по себе формулировка о пристрастии руководства является неточной. Из "Воспоминаний" мы узнаем, в противоречие с чуть ранее сказанным, что министр Средмаша В.А. Малышев был снят с работы за недостаточное внимание ко второму "объекту".

В начале 60-х годов по совершенно неясным до настоящего времени причинам той же репрессии подвергся научный руководитель ВНИИП, очень сильный ученый и организатор науки Кирилл Иванович Щелкин — трижды Герой Социалистического Труда. Я не помню, чтобы подобная участь постигла кого-либо из научного руководства КБ-11. И А.Д. Сахаров (в свое время), и Ю.Б. Харитон имели доступ к самым высоким ступенькам власти и, следовательно, могли оказывать непосредственное давление, тогда как возможности руководителей Челябинска-70 всегда были значительно более ограниченными.

Наконец, сказать только то, что содержится в цитате и ничего более — несправедливо. В своем последующем изложении я постараюсь доказать, что если Министерство и протезировало нам, то не только из-за великоросских настроений, но и по делу, по сути.

Прежде чем перейти к описанию конкретной деятельности ВНИИП, с моей стороны необходима оговорка. По личным мотивам в 1978 году я переехал в Москву. Этим объясняется то обстоятельство, что достижения, которые упоминаются ниже, относятся к первому двадцатилетию деятельности института и совсем не касаются второго двадцатилетия. Кроме того, не будем забывать, что в нашей теме,

военной и секретной (а до недавнего прошлого абсолютно секретной), секретность постепенно исчезает, когда затрагивается отдаленное время. В любых воспоминаниях содержится значительный элемент субъективизма и пристрастия, да и память не вечна.

В первые годы нашего существования, город еще не был построен, а научно-производственная работа уже кипела. В 1955 году была испытана первая водородная бомба нового образца, рожденная в недрах КБ-11 (Арзамас-16), но и при непосредственном участии многих из тех, кто затем переехал на Урал. Людям, знакомым с техникой, должно быть особенно понятно, что существует значительная разница между первым испытательным образцом и серией. В 1957 году была испытана первая водородная бомба, которая была передана на вооружение Советской Армии. И, заметьте, сделана она была не в КБ-11, что было бы вполне естественным, а в Челябинске-70, за что группа челябинских ученых была награждена очень редкой в ту пору наградой — Ленинской премией за 1958 год. Честолюбивые, в подавляющей части молодые, как бы освобожденные в связи с переездом от “гнета маститых” и почувствовавшие личную ответственность (поучительный психологический феномен, не правда ли?), челябинцы с первых шагов стали выходить на передовые позиции, обозначив свое право на значительность.

При любом испытании производилось множество измерений, направленных на подтверждение наших представлений о внутренних процессах, сопровождающих взрыв. Как правило, несмотря на небольшой в то время опыт, слабо развитую расчетную технику (в основном использовались логарифмические линейки, арифмометры, электрические “Мерседесы” и “Рейнметаллы”), степень предсказания оказывалась очень высокой. При первом же испытании серийного изделия обнаружилось значительное, на первый взгляд, необъяснимое отклонение во временных характеристиках взрыва. Стало ясно, что мы допускаем ошибки, не знаем что-то о веществе, находящемся в поле мощной радиации. Усилиями наших организаций, а также некоторых привлеченных институтов Москвы, картина была прояснена. Окончательную точку поставил наш специализированный полигонный физический опыт со множеством элементов и пространственно-временных измерений. Полученные

данные оказались фундаментальными (они мало впоследствии корректировались) и основополагающими, так как имели решающее значение для конструирования отечественных зарядов.

В начале 60-х годов в КБ-11 начала пропагандироваться при поддержке правительства и самого Н.С. Хрущева идея новой супербомбы. Кульминационным пунктом было испытание 100 *Mt* бомбы (при неполной мощности). К сведению любознательных, сейчас макет ее установлен в музеях РФЯЦ—ВНИИЭФ и РФЯЦ—ВНИИТФ, широко распространена фотография.

Наблюдая все это поначалу со стороны, из своего “далека”, мы были встревожены огромным вниманием со стороны Министерства, ЦК КПСС, обращенным, однако, не к нам. Постепенно и мы втянулись в эпопею с большими бомбами, хотя не понимали их военной ценности. Этому способствовало то, что к тому времени стали ясны недочеты “соседа”. Конструкция КБ-11 была переусложнена и непрактична. Проведя серию испытаний, Урал в очередной раз обошел “конкурента”, по крайней мере с точки зрения внедрения в серию, поскольку нами осуществлялась жесткая привязка к носителю.

С другой стороны, если бы меня, после многих лет отсутствия в Челябинске, когда легче охватить картину в целом, спросили — в чем я вижу самое главное достижение Челябинска-70 в военной области, я совершенно определенно и не сомневаясь ответил бы одним словом: “В миниатюризации”.

Наш первый научный руководитель К.И. Щелкин был горячим сторонником малых зарядов. Он говорил как-то: “Разве для такого большого города, как Москва, недостаточно 20 или 50 *кт*, чтобы деморализовать население, подавить связь, управление? Преимущество небольших зарядов огромно. Их при необходимости мы сделаем вместе с ракетой в Каслях”. Хочу напомнить, что в ту пору ядерных зарядов и ракет к ним насчитывалось не сотни и не тысячи, они считались поштучно, угроза же войны, в том числе и массово-ядерной, была вполне реальной (вспомним Карибский кризис).

Создание небольших водородных зарядов имело свою историю и особенности оптимизации, которые в конечном счете развили принципиально новые подходы. Именно в Челябинске-70 в начале 60-х годов, ранее и независимо от американских стратегов закладывались основы для РГЧ (разделяющихся головных частей — группы зарядов, располагающихся на одной ракете-носителе), аналогов американских “Migv”. Недалеко от нас, в Челябинской области, в городе Миасс, находится другой “почтовый ящик”. Руководил им известный в ракетных кругах академик В.П. Макеев. В его КБ были созданы великолепные морские ракеты, в том числе для межконтинентальных атомных подводных лодок, включая РГЧ. Ядерное оснащение морских ракет практически полностью состояло из продукции нашего института.

Тенденция к миниатюризации проявилась не только в отношении стратегического вооружения. ВНИИП стал монополистом в создании артиллерийских атомных снарядов. В этих малогабаритных устройствах (для них неременным требованием была неотличимость от обычных снарядов) удалось достигнуть значительной мощности путем перенесения некоторых приемов, заимствованных от стратегических зарядов.

Общей оценкой нашей военной деятельности может служить такой комментарий: в 70-е годы, насколько помнится, общее количество зарядов, имевшихся на вооружении армии, более чем на две трети были челябинскими (при численном составе втрое меньшем, чем в Арзамасе-16). (Данные, относящиеся к настоящему времени и ближайшему будущему приведены в таблице. — *Прим. ред.*)

Изложение будет далеко неполным, если не затронуть вопрос о так называемых мирных зарядах, предназначенных для выполнения взрывов в хозяйственном секторе страны. Ясно, что развитие в этой области сдерживалось радиоактивностью — неизбежным спутником любых нейтронных реакций. В свою очередь, наиболее опасная часть радиоактивности, порождающая долгоживущие изотопы, происходит от деления тяжелых ядер урана (или плутония). Поскольку никто тогда, да и сейчас, не умел разжечь термоядерную реакцию без энергии

делений, задача состояла в том, чтобы деление в общем энергобалансе составило наименьшую долю.

Ядерные институты в боезапасе

Вид ЯО	Настоящее время, %		СНВ-2 (договор), %
Стратегические*	ВНИИТФ	60	60
	ВНИИЭФ	40	40
Тактические**	ВНИИТФ	60	50
	ВНИИЭФ	40	50

Еще в конце 50-х годов был поставлен вопрос о том, чтобы разгорание в водородном узле происходило без деления, за счет сжатия и разогрева центральных слоев от ударной волны. Правда, побудительной причиной в ту пору служили исключительно экономические соображения.

В конце 40-х, начале 50-х годов в группе Я.Б. Зельдовича занимались термоядерной детонацией дейтерия. Но безуспешно. Хотя теоретические исследования были удивительно увлекательными, практического продолжения они не имели из-за громоздкости, недоказуемости того, что устойчивый процесс возможен. В 1953 году эти работы были прекращены.

В начале 60-х годов они вновь возникли в Челябинске-70, но уже для мирных применений и с крайне существенной модификацией. Нужно сказать, что работа по мирным зарядам всегда велась с большим энтузиазмом и не только потому, что сильно расширился круг исследований и общего профессионализма. Мы свято верили, что ядерной войны с ее бесчисленными бедствиями никогда не будет, и все же очень хотелось, чтобы труд, которому себя посвятили,

* Комплексы ВМФ и ВВС оснащены исключительно ЯЗ ВНИИТФ.

** Артиллерийские боеприпасы, бомбовое оружие ВВС и ВМФ оснащены исключительно ЯЗ ВНИИТФ.

принес непосредственную пользу обществу. В этом мы видели некий элемент внутренней реабилитации. Горячим сторонником развития мирной тематики был Е.И. Забабахин, ставший научным руководителем после К.И. Щелкина.

Отличительной чертой термоядерной детонации по сравнению с химической, помимо механизмов передачи энергии, является также превосходство ядерной энергии над химической в миллионы раз. Это вполне ясное положение создает возможность не только разогреть последующий слой энергией предыдущего, как всегда бывает при детонации, но также предварительно сильнейшим образом сжать вещество. Речь идет не о сжатии в несколько раз, обычном для ударной волны образом, а о сжатии в сотни и даже тысячи крат. Конструкция, в которой горение происходило в сильно сжатом дейтерии, обеспечила в конечном счете возникновение нового типа мирного изделия. При его разработке было проявлено беспокойство о том, чтобы наведенная от термоядерных нейтронов радиоактивность в материалах конструкции также была минимальной. Достигалось это, главным образом, тщательным подбором самих материалов. Наша не вина, а беда в том, что использование этой бомбы не привело к реальным практическим результатам. Серией взрывов пытались облегчить земляные работы на предполагаемом канале по переброске северных рек в южные районы страны. Как сам проект был не подготовлен, так и место взрывов встретил сопротивление общественности. Воронки от взрывов в той болотистой местности заплыли за 1–2 года.

Интересен был другой опыт, когда в полигонных условиях мы выяснили, какой минимальный шарик способен к самоподдерживающемуся горению. Много позже ученые из Ливерморской лаборатории США произвели аналогичный (не по построению, скорее всего, а по цели) опыт “Центурион”. Выявление минимальных размеров и, следовательно, минимальных энергозатрат, нужно для оценки перспективности экспериментов, в которых разжигание идет не от атомного взрыва, а от мощных энергетических источников лабораторного типа. Результаты “Центуриона” (до сих пор засекреченные) послужили основанием для строительства мощных лазеров по американской программе лазерного термоядерного синтеза.

активного вещества через критическое состояние. Усовершенствование источника привело к появлению слоистой структуры, новому виду гидродинамической кумуляции, в теории — к расширению класса автомодельных решений.

Физики, наряду с фиксацией многих параметров взрыва, отмечали такое интересное явление, в свое время предсказанное Я.Б. Зельдовичем. При горении изотопов водорода трития и дейтерия реакция протекает настолько быстро, что не успевает установиться термодинамическое равновесие вещества с излучением. Вследствие этого резко повышается температура. В опытах фиксировалась температура вещества в миллиард градусов — результат достойный книги рекордов Гиннеса.

Оригинальные импульсные реакторы, предназначенные для облучения боевых изделий проникающим излучением, оказались настолько удачными по своим весогабаритным данным, что получили широкое применение и использовались, например, для идентификации полезных ископаемых, в том числе золота.

В начале 70-х годов под влиянием ФИАН им. Лебедева (отделение квантовой радиофизики Н.Г. Басова) во ВНИИП начали развиваться теория и эксперименты по разжиганию термоядерных мишеней лазерами. Тогда же возникла новая концепция безопасных подкритических реакторов (гибридов), наиболее плодотворно использующая достоинства делительных и термоядерно-импульсных реакторов. Идеи, в чем-то усиленные и усовершенствованные, живы до сих пор. Многие предложения оказались нереализованными в силу экономических или политических причин. Е.И. Забабахин, отличный газодинамик, мечтал о такой организации взрыва, чтобы из груды графита получить россыпь алмазов*. Мне очень хотелось наблюдать поток позитронов, разогнанных при

* Такие экспериментальные исследования были реализованы в двух испытаниях после отъезда Л.П. Феокистова в Москву. К сожалению, контейнеры с образцами до сих пор извлечь не удалось. При детонации ВВ образуются алмазы со средним размером частиц 50 Å. Эти результаты впервые были получены в 1963 году в Челябинске-70. (Прим. ред.)

активного вещества через критическое состояние. Усовершенствование источника привело к появлению слоистой структуры, новому виду гидродинамической кумуляции, в теории — к расширению класса автомодельных решений.

Физики, наряду с фиксацией многих параметров взрыва, отмечали такое интересное явление, в свое время предсказанное Я.Б. Зельдовичем. При горении изотопов водорода трития и дейтерия реакция протекает настолько быстро, что не успевает установиться термодинамическое равновесие вещества с излучением. Вследствие этого резко повышается температура. В опытах фиксировалась температура вещества в миллиард градусов — результат достойный книги рекордов Гиннеса.

Оригинальные импульсные реакторы, предназначенные для облучения боевых изделий проникающим излучением, оказались настолько удачными по своим весогабаритным данным, что получили широкое применение и использовались, например, для идентификации полезных ископаемых, в том числе золота.

В начале 70-х годов под влиянием ФИАН им. Лебедева (отделение квантовой радиофизики Н.Г. Басова) во ВНИИП начали развиваться теория и эксперименты по разжиганию термоядерных мишеней лазерами. Тогда же возникла новая концепция безопасных подкритических реакторов (гибридов), наиболее плодотворно использующая достоинства делительных и термоядерно-импульсных реакторов. Идеи, в чем-то усиленные и усовершенствованные, живы до сих пор. Многие предложения оказались нереализованными в силу экономических или политических причин. Е.И. Забабахин, отличный газодинамик, мечтал о такой организации взрыва, чтобы из груды графита получить россыпь алмазов*. Мне очень хотелось наблюдать поток позитронов, разогнанных при

* Такие экспериментальные исследования были реализованы в двух испытаниях после отъезда Л.П. Феоктистова в Москву. К сожалению, контейнеры с образцами до сих пор не извлечь на удалось. При детонации ВВ образуются алмазы со средним размером частиц 50 Å. Эти результаты впервые были получены в 1963 году в Челябинске-70. (Прим. ред.)

взрыве до сотен мегавольт. (При взрыве в воздухе возникает мощный поток γ -излучения, который поляризует воздух и одновременно порождает заметное количество позитронов, которые на гребне электрической волны ускоряются, как в линейном ускорителе.)

В приведенных перечислениях есть неперенный дефект неполноты, беспокойство о том, что упустил что-то главное, ненароком кого-то обидел. Касается это и дел, и людей. Но особо мы выражаем наше восхищение теми, кого уже нет среди нас. Научные руководители, члены Академии наук К.И. Щелкин и Е.И. Забабахин, не только во многом определяли научную политику, но и непосредственно отвечали за все наши удачи и неудачи. Нормальное функционирование города, производства, опытных площадок — в этом, несомненно, огромная заслуга выдающихся директоров Д.Е. Васильева и Г.П. Ломинского. Меня всегда поражало, как при скромных технических возможностях нашей вычислительной техники, теории и математики держались на уровне, их идеи были новы, предсказания надежны. Дело, видимо, не столько в совершенстве техники, но также ума. Безусловными лидерами среди математиков были Н.Н. Яненко и А.А. Бунатян. Армен Айкович был к тому же человеком исключительно добрым, честным, принципиальным. Совсем недавно скончался видный физик, фронтовик М.П. Шумаев.

Право на существование любой заряд приобретал только после испытаний на полигоне с многочисленными и очень тонкими измерениями. Большое значение имели физические опыты с определением констант вещества, предельных условий разгорания, стойкости к поражающим факторам и т. д. Всю эту сложную работу выполнял коллектив физиков-экспериментаторов, возглавляемых талантливыми В.Ю. Гавриловым и Ю.А. Зысиным.

Люди, далекие от техники, плохо представляют себе разницу между теоретическими схемами, эскизами, чертежами и готовыми в металле изделиями. Они, творения человеческих рук, обрастают множеством требований: их работоспособность должна быть обеспечена при температуре $+40^{\circ}\text{C}$, сильных вибрациях, перегрузках и т. д.

Они, ввиду крайней опасности, не должны взрываться, когда не надо, но должны выполнить задачу, когда надо. В жизнестойкости зарядов решающая роль принадлежала конструкторам, инженерам, заводчанам. Среди них были В.Ф. Гречишников, П.А. Есин, А.В. Бородулин. Особенно в этой плеяде замечательных людей выделяется А.Д. Захаренков, который жил и работал во ВНИИЭФ, и потом во ВНИИП, был главным конструктором двух конструкторских бюро, в дальнейшем, с 1967 года до конца жизни, был зам. министра Средмаша и все благодаря исключительной энергии, уму, организаторскому таланту. Многим людям, о которых здесь упоминалось, благодарные горожане оставили память в виде названий улиц, мемориальных досок и т. п. И — память всем умершим, за их самоотверженный труд, глубокий российский патриотизм.

Идут годы, меняется жизнь, внутренняя и международная. Кто знает, может, и мы, к собственному удовлетворению, не будем когда-нибудь содрогаться при мысли о ядерной войне, и ядерное оружие исчезнет, исполнив свою историческую миссию. Не умрут наука, физика, ядерная энергия, в освоении которых, пусть специфическом и одностороннем, участвовали и внесли свой вклад люди Челябинска-70.

Жизнь быстротечна и беспощадна. Прошло совсем немного времени после того, как написаны воспоминания о Челябинске-70, и я узнаю о смерти И.В. Санина, тонкого профессионала — газодинамика, энергичного и настойчивого человека, специалиста, руководителя.

Особенно потрясла гибель директора В.З. Нечая, умного, совестливого. Какую бездну растерянности нужно было перенести, чтобы так рассчитаться с жизнью!

ПРОБЛЕМА ВОЕННОГО ПЛУТОНИЯ

При намечаемом ядерном разоружении появятся одна–две сотни тонн кондиционного (военного) плутония и одна–две тысячи тонн U^{235} . Возникает вопрос: что делать, куда девать это накопленное десятилетиями богатство? Складировать? Крайне неэкономично, так как требует значительных затрат на военную охрану без всякой пользы. И бессмысленно, если речь идет о реальном разоружении. Хочу напомнить, что “задержка” с испытанием первой советской бомбы произошла не потому, что мы не знали, как ее делать. Не было плутония и урана нужного количества и состава. Без плутония нет современного ядерного оружия, и, наоборот, наличие плутония создает все необходимые предпосылки для восстановления ядерного арсенала за короткий срок (около месяца) и представляющего собой угрозу миру (десятки штук). Наше жесткое утверждение, таким образом, сводится к тому, что до тех пор пока плутоний не будет уничтожен, ядерное разоружение носит условный, демонстративный (или политический) характер. В отношении U^{235} задача хотя бы в принципе может быть решена путем разбавления его с природным (отвальным) ураном до концентрации, неприменимой для оружия, но пригодной для тепловыделяющих элементов атомных станций. Единственная возможность безвозвратно ликвидировать плутоний состоит в том, чтобы подвергнуть его ядерным превращениям в реакторах. Для этого нужна сеть атомных станций, в том числе и тех, которые наиболее приспособлены для сжигания плутония.

Иногда утверждают, что военный плутоний имеет даже отрицательную стоимость, подразумевая под этим только одно: использование плутония в современных реакторах дороже привычных урановых твэлов, даже если полагать плутоний бесплатным. Что и говорить, освоение нового вида топлива для электростанций — дело непростое и требует определенных затрат. Но, во–первых, задача представляется

разрешимой: в рамках оружейных программ сложные плутониевые детали для атомных зарядов изготавливались тысячами.

Во-вторых, всякое разоружение требует определенных затрат. Например, по поводу химического оружия, к ликвидации которого Россия приступила, существует оценка в несколько триллионов рублей, намного превосходящая стоимость его создания. Есть все основания предположить, что в отношении ядерного оружия положение аналогично. С учетом рекультивации радиоактивных земель и озер, расходы будут не меньше затраченных на его создание. В каком бы виде плутоний не находился — на складах, перемешанный с землей или другими веществами, включая радиоактивные — его выделение и доведение до состояния использования в военных целях, как химического элемента — операция скоротечная и сравнительно дешевая. Именно тогда, когда совершается переход к новому витку военной программы, резко возрастает стоимость плутония — до уровня, в несколько раз больше, чем стоимость золота.

Наконец, в-третьих, при развитой атомной энергетике (а ее эра обязательно наступит) все равно нужно будет осваивать плутоний, потому что представить себе широкомасштабное развитие АЭС без вовлечения дешевого U^{238} в сферу деления (через плутоний) невозможно.

Настаивая на масштабной атомной энергетике, казалось бы, мы вступаем в противоречие с собой, так как она предусматривает выделение и расширенное воспроизводство плутония, который может использоваться не только в мирных целях. В воспроизводство вступают многие сотни тонн плутония, и при любом мыслимом контроле нельзя дать гарантий, что малая доля его не будет использована в бомбах. Именно эти соображения послужили основанием при принятии решения о закрытии быстрых реакторов-бридеров президентом США Дж. Картером. На этот счет существует два возражения. Первое: речь идет не о кондиционном (военном) плутонии, а о реакторном, насыщенном многими бесполезными изотопами. Американцы доказывают, что и на этом плутонии можно сделать бомбу не хуже, чем на U^{235} . Но бомб на U^{235} фактически нет. Реакторный

плутоний имеет примерно втрое большую критмассу, чем военный, в нем в 10–15 раз больше внутреннее тепловыделение, в нем в 10 раз больше радиационный фон, включая Am^{241} (продукт распада Pu^{241}) с мощным гамма-излучением. Можно определенно утверждать, что это будет по современным меркам не бомба, а некий маломощный “уродец”, необычайно сложный в эксплуатации. Совсем не случайно был придуман военный плутоний.

Второе. Процедура повторного использования плутония не всегда подразумевает химическое отделение плутония. Есть современные технологические схемы быстрых реакторов, которые выжигают топливо, включая U^{238} , на 50–60 % без его переработки. Мыслима ли процедура, когда отделяется легкая часть топлива, а тяжелая — без разбивки на компоненты — вновь возвращается в активную зону реактора. Изучены непрерывные режимы, при которых на вход подается U^{238} , а на выходе возникает прогоревшее более чем наполовину топливо. Так обозначается путь к замкнутому циклу, без выброса в окружающую среду долгоживущих элементов трансурановой группы и без выделения плутония в чистом виде. Одновременно автоматически теряет основание запрет Дж. Картера.

Еще об одном заблуждении. Говорят, что термоядерные реакторы являются идеальными с военной точки зрения, так как не имеют дело с плутонием. Помнится, как еще в самом начале своей деятельности я услышал о магнитном термоядерном реакторе Сахарова и Тамма МТР под большим секретом, “шепотом”. Вначале я объяснял такую осторожность чисто экономическими причинами — не дать распространиться новейшей технологии на Запад. Только потом понял, что дело в другом. Любой термоядерный реактор, использующий DT-реакцию, способен накапливать плутоний с производительностью в 10 раз большей, чем реактор деления той же мощности. Суть в том, что для восстановления израсходованного трития из лития или получения плутония из U^{238} требуется медленный нейтрон, тогда как в DT-реакции рождается 14-Мэв нейтрон, который может быть слегка размножен путем $(n, 2n)$ — реакции на пассивных

материалах (Be, D и т. п.). Возникает замкнутое по тритию производство с большим выходом плутония.

Еще одно предостережение относительно накопления военного плутония.

В промышленных реакторах потоки нейтронов невелики $j_n \approx 10^{14}$ н/см²·сек. Время накопления военного плутония около месяца и ограничивается появлением паразитного Pu^{240} , как вторичного (его содержание в военном плутонии не более 5–6%). При слабых потоках j_n время кампании обратно пропорционально потоку. Если в высокопоточном реакторе, промышленном или исследовательском, поток возрастает в десять и более раз, то время сокращается до дней и становится сравнимым со временем β -распадов, ведущих от U^{239} к Pu^{239} . Возникает ситуация, при которой есть нейтроны (в реакторе) и нет Pu^{239} , из которого формируется Pu^{240} . Это ведет к сильному изменению в последовательности образования новых элементов.

По подсчетам, при потоке $j_n \sim 10^{15}$ (н/см²·сек) и том же соотношении $\frac{\text{Pu}^{240}}{\text{Pu}^{239}} \approx 5\%$ накопление Pu^{239} больше втрое, а при еще большем

потоке в 10 раз ($\sim 10^{16}$), допустимая концентрация Pu^{239} в уране возрастает в 13–14 раз. В соответствии с этим падает объем (и время) последующей химической переработки твэлов для выделения плутония. Осуществляя контрольные функции за производством военного плутония, следует обратить внимание, прежде всего, на высокопоточные реакторы.

Как говорилось, в процессе разоружения происходит высвобождение большого количества военного плутония и, следовательно, исчезает потребность в его производстве. Таким образом, появляются предпосылки для конверсии всех оборонных реакторов закрытого типа, превращения их в предприятия, доступные международной инспекции. Заканчивается эра безудержной секретности.

США уже прекратили производство плутония, мы все собираемся. Не из высоких моральных соображений следует эта вынужденная

мера, возникло “затоваривание”, и настала пора задуматься не о накоплении плутония, а об его наиболее рациональном уничтожении.

Помимо плутония в бомбах используют тяжелый изотоп водорода — тритий, который также получают в реакторах. Однако с тритием проще. Период полураспада плутония 24000 лет, для трития он “всего лишь” 12,6 года. Прекращение производства трития автоматически ведет к исчезновению вместе с ним наиболее опасных видов водородного оружия с темпом 20 раз за 50 лет.

Принято считать, что нельзя красить двумя красками — черной и белой. Всегда, дескать, есть промежуточные тона, нюансы. И все же есть ситуации, в которых однозначное решение необходимо. Чрезвычайно важно, если речь идет о международной инспекции ядерных объектов, чтобы она была всеобъемлющей, касалась как ядерных, так и неядерных стран. Достаточно сделать исключение в отношении хотя бы одного реактора, как разрушается идея, вся стройная система надежного контроля, в равной мере приемлемая для всех участников. Обязательно появятся возражения — почему им можно, а нам нельзя? И круг исключений будет нарастать. Таким образом, вывод однозначен: необходим, без всяких исключений, международный контроль всех объектов атомной промышленности. Одновременно, вместе с широким внедрением АЭС возникают гарантии для полного безвозвратного уничтожения военных ядерных материалов. Диалектика такова: более 40 лет мы развивали реакторостроение, чтобы создавать плутоний, теперь настало время строить новые реакторы, чтобы производить электричество и одновременно уничтожать плутоний, сделать ядерную войну невозможной.

ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

К настоящему времени США произвели 1032, СССР — 715, Франция — 210, Великобритания — 45, Китай — 47 испытаний*. Как всякое крупное явление, ядерное оружие переживает стадии рождения, бурного развития, насыщения. С учетом сотен испытаний, многолетних исследований оружие явно переживает свою заключительную фазу. Поэтому совершенно непонятно: какую реальную пользу могут принести дополнительные испытания, тем более, что речь идет об единичных взрывах. Неужели непонятно, что политическая выгода, наступающая при прекращении испытаний намного весомей, чем отрывочные сведения, извлекаемые в ходе испытаний.

Печальней всего, что мы у себя в России, теряем самостоятельность в суждениях и черпаем аргументы полностью из американских и других иностранных источников, без критического анализа, без учета российской экономики. И каждый раз варьируются два аргумента — надежность и безопасность оружия. Сейчас, в связи с расширением НАТО на восток, вопреки заключенному мораторию, все чаще раздаются голоса за возобновление испытаний под той же вывеской.

* *Ядерные испытания в СССР, Т. 1, Цели. Общие характеристики. Организация ядерных испытаний в СССР. Первые ядерные испытания.* Изд-во ИПК ВНИИЭФ, г. Саров Нижегородской обл., 1997.

Период, годы	Институт	Общее кол-во, %	Диапазон энергии взрыва		Промышленные, %
			< 150 кт	> 150 кт	
1949–1963	ВНИИЭФ	68	72,5	59	
	ВНИИТФ	32	27,5	41	
1964–1976	ВНИИЭФ	46	44,5	61,5	40
	ВНИИТФ	54	55,5	38,5	60

При этом общее число промышленных взрывов 156. (Прим. ред.)

НАДЕЖНОСТЬ

Говорят, что до тех пор пока существует оружие, необходимо поддерживать его боеготовность, что само по себе верно! Но всякое отдельно взятое испытание, независимо от результатов, не несет в себе значимой информации. Одна из задач разработчиков оружия состоит в том, чтобы сделать его нечувствительным ко всякого рода отклонениям в изготовлении, к качеству материалов. Тем не менее, есть конечная вероятность снижения мощности или даже отказа при неблагоприятном наложении допусков, усугубленных к тому же “старением”. Отсюда возникает необходимость проверок. Однако прямой способ — испытания на полигоне отдельных образцов — нельзя признать действенным. Предположим, что состояние оружия признается удовлетворительным, если число отказов не более 20%. Тогда для того, чтобы установить это число с достоверностью 90% потребуются десятки испытаний.

Если же разновидностей оружия десятки, то общее число проверочных испытаний становится сравнимым со всей нашей “историей”. Не будем забывать, что взрыв содержит хотя и главную, но все же ограниченную информацию по принципу “да-нет”. Она намного меньше, чем при разборке зарядов и проверке отдельных узлов в заводских условиях, отслеживании слабых мест, что, впрочем, всегда делалось.

БЕЗОПАСНОСТЬ ОРУЖИЯ

Напомним, что неременным абсолютным требованием к ядерному оружию является недопустимость ядерного взрыва при всех неожиданностях — пожаре, попадании пули, падении с высоты и тому подобное. В аварийной непреднамеренной ситуации ВВ инициируется в одной случайной точке. Требование, чтобы ядерный взрыв при этом не произошел, вносит, естественно, свои ограничения на конструкцию бомбы. Величайшая заслуга Ю.Б. Харитона состояла в том, что именно он это требование возвел в принцип и неукоснительно его исполнял. Очень похоже