

# ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ НА УРАЛЕ

История Института физики металлов в лицах

Екатеринбург  
2012

УДК 061.62(470.54)  
ББК 72.4(235.55)712  
Ф 50

*Рекомендовано к изданию ученым советом  
Института физики металлов и НИСО УрО РАН*

Ф 50 **ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ НА УРАЛЕ. История Института физики металлов в лицах.**

Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012 – 496 с.  
ISBN 978-5-7691-2320-7

Сборник материалов, большинство из которых публикуется впервые, содержит сведения о жизни и научной деятельности ученых, стоявших у истоков науки о металлах на Среднем Урале и определявших течение этой науки в последующие восемь десятилетий.

*Главный редактор* – академик РАН В.В. Устинов

*Руководитель проекта* – М.В. Дегтярев

*Составители.*

академик РАН В.М.Счастливец

А.П. Танкеев

В.Ю. Ирхин

П.А. Агзамова

Е.И. Ануфриева

В.В. Арашкевич

Т.И. Налобина

В.П. Спирина

*Рецензент* – М.А. Коротин



ISBN 978-5-7691-2320-7

© РИО УрО РАН, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ: прошлое, настоящее, будущее, В.В. Устинов, В.М. Счастливец, М.В. Дегтярёв .....</b>	<b>5</b>
<b>ОСНОВОПОЛОЖНИКИ .....</b>	<b>23</b>
Михаил Николаевич Михеев, <i>М.Б. Ригмант</i> .....	25
Семен Петрович Шубин: оборванный восход, <i>В.Ю. Ирхин</i> .....	33
Сергей Васильевич Вонсовский: магнетизм человека, <i>В.Ю. Ирхин</i> .....	38
Памяти Сергея Самойловича Штейнберга, <i>В.Д. Садовский</i> .....	45
Академик Исаак Константинович Кикоин: 100 лет со дня рождения, <i>Ю.М. Каган</i> .....	53
Академик Владимир Иванович Архаров, <i>В.О. Есин, И.В. Архарова, Т.Е. Константинова</i> .....	66
Рудольф Иванович Янус: научная биография, <i>Г.С. Корзунин, В.Е. Щербинин</i> .....	86
Павел Акимович Халилеев, <i>Г.С. Корзунин, В.Е. Щербинин</i> .....	107
Профессор Михаил Васильевич Якутович, <i>Н.И. Чарикова (Носкова)</i> .....	113
Страницы жизни профессора Ибрагима Гафуровича Факидова, <i>Л.Н. Ромашёв</i> .....	115
Вспоминая Николая Михайловича Родигина, <i>Ю.Я. Реутов</i> .....	123
О научном руководителе Якове Савельевиче Шуре, <i>Ю.Н. Драгошанский</i> .....	127
<b>ТЕОРЕТИКИ .....</b>	<b>139</b>
Кирилл Борисович Власов: жизнь в науке, <i>Е.К. Костоусова, А.Б. Ринкевич</i> ...	141
Евгений Акимович Туров: Учёный, Учитель, <i>А.П. Танкеев</i> .....	163
Он людям доверил душу, науке же – разум свой. (Павел Степанович Зырянов), <i>Б.Н. Филиппов</i> .....	176
Юрий Павлович Ирхин: физика и жизнь, <i>В.Ю. Ирхин</i> .....	188
Герман Германович Талуц, <i>В.П. Пилюгин</i> .....	195
Юрий Александрович Изюмов: энергия теоретика, <i>В.Ю. Ирхин</i> .....	201
Прежде и теперь (О себе и жизни), <i>В.Е. Найш</i> .....	207
Его звали «Шкипер» (Владимир Петрович Калашников), <i>И.И. Ляпилин</i> .....	217
Об Юрии Михайловиче Плишкине, <i>В.Я. Раевский</i> .....	223
<b>ЭЛЕКТРОННАЯ ФИЗИКА И МАГНЕТИЗМ .....</b>	<b>229</b>
Алексей Андреевич Самохвалов, <i>Н.Н. Лошкарёва</i> .....	231
Владимир Ермолаевич Старцев: фермиология жизни, <i>В.П. Дякина, В.В. Мар- ченков, А.П. Танкеев</i> .....	241
Профессор Нахим Вениаминович Волкенштейн, <i>Е.Н. Попова</i> .....	250

Штрихи к портрету Сергея Константиновича Сидорова, <i>Т.К. Прекул</i> .....	259
Исаак Михайлович Цидильковский, <i>Г.И. Харус</i> .....	266
Анатолий Иванович Пономарев, <i>Т.Б. Чарикова</i> .....	273
Слово об учителе (Сергей Антонович Немнонов), <i>Э.З. Курмаев</i> .....	277
Вспоминая о Носкове Михаиле Михайловиче, <i>Т.Г. Рудницкая (Изюмова)</i> ...	282
<b>МЕТАЛЛОВЕДЫ</b> .....	<b>289</b>
Константин Александрович Малышев, <i>В.М. Счастливец</i> .....	291
Краткая биография Эмилии Сергеевны Яковлевой, <i>Н.Н. Сюткин</i> .....	302
Десять страниц о Виссарионе Дмитриевиче Садовском, <i>В.М. Счастливец</i> .....	306
Софья Николаевна Петрова, <i>Н.И. Виноградова</i> .....	321
Вехи пути: биография Николая Николаевича Буйнова, <i>В.Г. Пушин, Л.Н. Буйнова</i> .....	329
Борис Иванович Береснев, <i>Б.И. Каменецкий</i> .....	348
Виктор Алексеевич Павлов, <i>Н.И. Чарикова (Носкова)</i> .....	360
Профессор Олег Дмитриевич Шашков, <i>М.М. Кириллова</i> .....	364
Борис Константинович Соколов, <i>И.В. Гервасьева</i> .....	371
Краткая биография Валентины Ивановны Сюткиной, <i>Н.Н. Сюткин</i> .....	375
Лель Вениаминович Смирнов, <i>Ю.Н. Акшенцев</i> .....	381
<b>ЛЮДИ И РАЗРАБОТКИ</b> .....	<b>387</b>
Становление и развитие исследований структурных и фазовых превраще- ний в Институте, <i>В.Г. Пушин</i> .....	389
Из истории отдела прецизионной металлургии, <i>Ю.Н. Акшенцев</i> .....	417
Исследования в ИФМ в области физики твёрдого тела с использовани- ем ядерных излучений, <i>Б.Н. Гощицкий</i> .....	432
Редкоземельные интерметаллиды и постоянные магниты на их основе, <i>А.С. Ермоленко</i> .....	453
История становления исследований в области наноматериалов и нанотех- нологий, <i>А.Е. Ермаков</i> .....	465
<b>P.S.</b> .....	<b>477</b>



# ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ

прошлое, настоящее, будущее

Науку двигая вперед,  
мы служим физике металлов...  
*Из гимна ИФМ*

В январе 2012 г. Институту физики металлов, самому крупному институту Уральского отделения Российской академии наук, исполнилось 80 лет.

Своим рождением он обязан решению XVI съезда ВКП(б) о создании на востоке страны второй угольно-металлургической базы. В развитие этого решения Президиум ВСНХ СССР в мае 1931 г. принял постановление «Об организации научно-исследовательской работы на Урале и в Сибири», где в частности говорилось: «...Создать на Урале институт технической физики, выделив для этого силы из Ленинградского физико-технического института...». Академик Абрам Федорович Иоффе, принимавший активное участие в подготовке этого постановления как член технического совета ВСНХ и возглавлявший Ленинградский физико-технический институт (ЛФТИ), издал приказ о выделении из состава ЛФТИ с 1 января 1932 г., с переходом на самостоятельный бюджет, группы Уральского физико-технического института (УФТИ), определив и направления ее научной деятельности: магнитные и электрические явления, фазовые превращения в сплавах, пластическая деформация металлов, электронография.

Хотелось бы, чтобы в Академии  
было два направления (а не фак-  
тически) ФТИ - в Ленинграде  
и Свердловске.

Дружеский привет Вам и  
вашим товарищам!

Ваш А. Иоффе



Академик А.Ф.Иоффе и его дружеский привет, 1932 г.

Созданный УФТИ вошел в систему Наркомата тяжелой промышленности СССР с подчинением научно-исследовательскому сектору (НИС). Первым директором с 1 июля 1932 г. был назначен научный аспирант (!) УФТИ Михаил Николаевич Михеев, который возглавлял институт (с двумя перерывами) до 1986 г.

Среди 33 сотрудников ЛФТИ, переведенных в УФТИ, были В.И. Архаров, Я.Г. Дорфман, И.К. Кикоин, Г.В. Курдюмов, А.П. Комар, Б.Г. Лазарев, М.Н. Михеев, М.В. Якутович, Р.И. Янус, ставшие впоследствии всемирно известными учеными. Этим же приказом восемь человек зачислены студентами-практикантами, в числе которых был П.А. Халилеев, позже доктор технических наук, лауреат Ленинской и Государственной премий. Летом 1932 г. научные кадры института пополнились молодыми специалистами, среди которых были С.П. Шубин, С.В. Вонсовский, Я.С. Шур, А.А. Смирнов, М.М. Носков. Но сотрудники института продолжали жить и работать в Ленинграде, так как в Свердловске не было ни здания института, ни жилья для сотрудников.



М.Н. Михеев, 1932 г.

В это же время в Свердловске развивались события, имевшие, как оказалось позднее, самое непосредственное отношение к создаваемому институту. Так, в июне 1931 г. выездная сессия Академии наук СССР, проходившая в Свердловске, признала необходимым создать в нескольких городах СССР комплексные базы академии. И уже в ноябре 1932 г. было принято решение о создании в Свердловске Уральского филиала АН СССР (УФАН СССР), а в нем химического института с несколькими лабораториями, в том числе лабораторией металлографии. Сотрудников УФАНа нужно было еще искать, а с организацией лаборатории металлографии дело происходило значительно проще. В Свердловске уже существовал Уральский индустриальный институт (затем УПИ

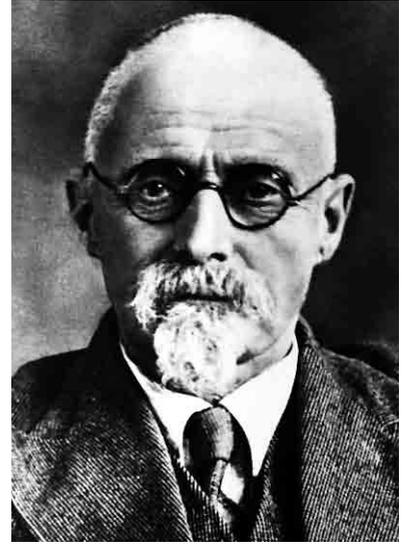
им. С.М. Кирова, теперь УрФУ). В нем была кафедра металловедения и термообработки, которой с 1925 г. заведовал С.С. Штейнберг – крупный ученый в области металловедения и термической обработки стали, работавший до этого на многих заводах: в Мотовилихе, Юрюзани, Златоусте.

К этому времени кафедра начала выпускать инженеров, часть которых можно было привлечь к работе во вновь организуемую лабораторию. Так лаборатория металловедения была создана; она разместилась в небольшом доме в центре города. Она пополнялась в значительной мере учениками С.С. Штейнберга. Среди них были М.М. Бигеев, В.И. Зюзин, С.С. Носырева, А.И. Стрегулин. Поработав несколько лет в Златоусте, в лабораторию вернулся К.А. Малышев. В 1935 г. по приглашению С.С. Штейнберга в лабораторию пришел выпускник Казанского университета В.Д. Садовский.

А на северо-восточной окраине Свердловска развернулось строительство здания УФИТИ. Проект был хорошо продуман. В длинном полтораэтажном корпусе на первом этаже размещались экспериментальные лаборатории. На втором этаже должны были работать теоретики. Попасты в верхние комнаты можно было только пройдя через нижние. Волей-неволей получалось общение теоретиков и экспериментаторов. Все коммуникации располагались под полом коридора и были легкодоступны. К экспериментальному корпусу примыкало пятиэтажное здание, где размещались дирекция, библиотека, столовая и другие необходимые для управления институтом отделы. Несмотря на трудности, связанные с тем что в Свердловске в это время возводилось несколько заводов оборонного профиля, для которых строительные материалы выделялись в первую очередь, строительство института шло довольно успешно и к концу 1935 г. завершилось. Тогда около четырех десятков сотрудников института переехали из Ленинграда в Свердловск.

В январе 1939 г., в связи с разделением Наркомтяжпрома СССР на несколько отраслевых Наркоматов УФИТИ был передан в систему Наркомата черной металлургии с подчинением Техническому управлению, возглавляемому академиком И.П. Бардиным, который руководил тогда и Уральским филиалом АН СССР.

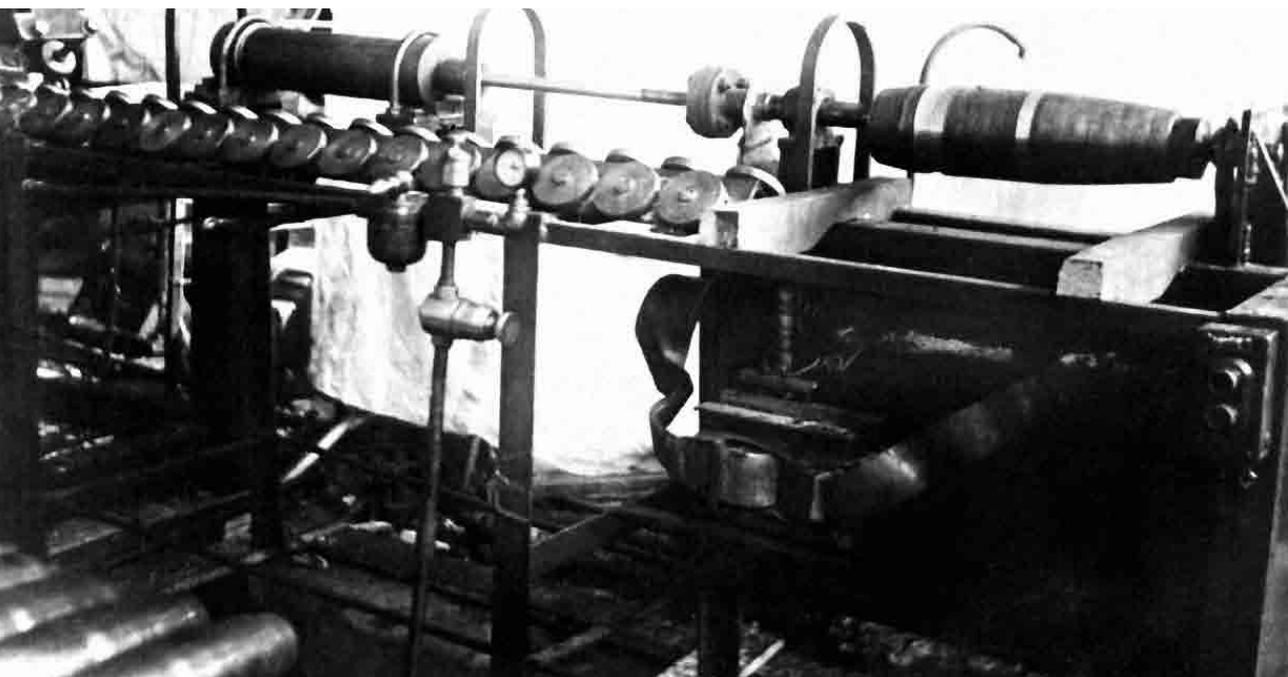
По инициативе И.П. Бардина и при поддержке Свердловского обкома ВКП(б) УФИТИ на основании решения СНК СССР от 13 апреля 1939 г., был переведен в АН СССР и вошел в состав ее Уральского филиала, объединившись при этом с суще-



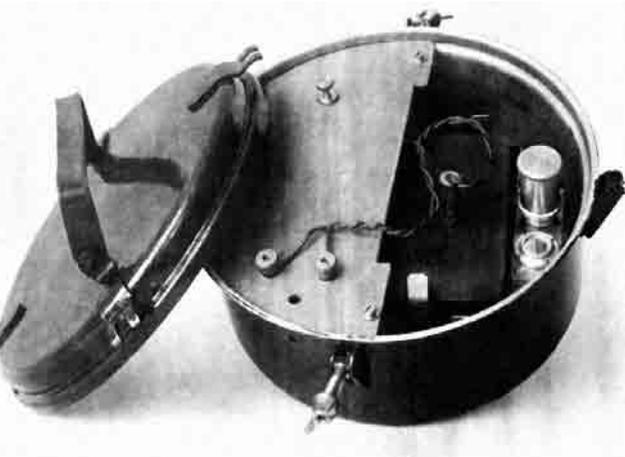
С.С. Штейнберг, 1939 г.



Коэрцитиметр М.Н.Михеева



Дефектоскоп для контроля корпусов артиллерийских снарядов в заводской поточной линии



Противотанковая мина конструкции И.К. Кикоина, В.С. Обухова, В.С. Аверкиева

ствовавшими в УФАН лабораториями металловедения, металлургических процессов черной металлургии и цветной металлургии, образовав Институт металлофизики, металловедения и металлургии. Директором института был назначен член-корреспондент АН СССР С.С. Штейнберг. Но он недолго руководил институтом, так как скончался 7 сентября 1940 г. Новым директором был назначен Н.В. Деменев.

В годы Великой Отечественной войны институт работал на Победу. М.Н. Михеев разрабатывал и внедрял в производство коэрцитиметры – приборы для контроля массовых и ответственных деталей моторов и танков. В.Д. Садовский, К.А. Малышев и Н.Н. Буйнов работали над созданием танковой брони и бронебойных

снарядов. С.В. Вонсовский и Я.С. Шур трудились над неразрушающим магнитным контролем артиллерийских снарядов, а Р.И. Янус интенсивно занимался контролем железнодорожных рельсов. Аппаратуру для поиска затонувших кораблей создавал П.А. Халилеев, получивший за эту работу Государственную премию СССР. И.К. Кикоин, В.С. Аверкиев и В.С. Обухов стали авторами изобретения новых мин. И.Г. Факидов успешно решал задачи размагничивания корпусов кораблей.

После Великой Отечественной войны решение задач мирного времени потребовало пересмотра профиля и структуры многих академических институтов.

Так, по решению Президиума Уральского филиала АН СССР от 26 июля 1945 г., из состава Института металлофизики, металловедения и металлургии были выделены лаборатории, изучающие металлургические процессы черных и цветных металлов, а сам институт переименован в Институт физики металлов. Его директором был вновь назначен М.Н. Михеев.

В 1958 г. по постановлению Президиума АН СССР институт получил статус самостоятельного с непосредственным подчинением Отделению физико-математических наук АН СССР. В 1967 г. в связи с награждением орденом (указ Президиума Верховного Совета СССР от 1 июня 1967 г.) институт по постановлению Президиума АН СССР от 25 августа 1967 г. № 745 получил новое название – Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов АН СССР.

В качестве самостоятельного институт действовал до 1 марта 1971 г., когда во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета министров СССР «О развитии научных учреждений в отдельных экономических районах РСФСР» Президиум АН СССР организовал Уральский научный центр АН СССР в г. Свердловске на базе научных учреждений Уральского филиала АН СССР, Института физики металлов и Института математики и механики АН СССР.

В результате последующих преобразований Уральского научного центра в Уральское отделение Академии наук СССР (1987 г.), а АН СССР – в Российскую академию наук (1991 г.) наш институт имеет теперь (с 01.01.2012 г.) полное название – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук.

С развитием института появилась возможность расширения географии физических исследований, и в 1976 г. в Ижевске был создан отдел ИФМ – первая ячейка академической науки в Удмуртии, преобразованный в 1982 г. в Физико-технический институт УНЦ АН СССР. Первым директором этого института стал доктор физико-математических наук В.А. Трапезников.

В связи с переездом в Свердловск академика Г.А. Месяца в 1986 г. в институт была переведена группа сотрудников Сибирского отделения АН СССР, составившая отдел электрофизики, на базе которого через несколько месяцев был создан Институт электрофизики УНЦ АН СССР.

С 1986 по 1998 г. ИФМ возглавлял член-корреспондент РАН В.Е. Щербинин. С 1998 г. директором института избран член-корреспондент, с 2007 г. академик РАН, В.В. Устинов.

Направления научной деятельности института, заложенные при его создании, развиваются и трансформируются с развитием физики твердого тела. Появились



Морской пистоль-магнитометр для измерения магнитного поля кораблей



Орден Трудового Красного Знамени



П.А. Халилеев на испытаниях магнитометра, 1945-1946 г.

новые направления: физика высоких давлений, радиационная физика твердого тела, физика полупроводников, низкотемпературная физика. Неизменным остается уникальное сочетание электронной физики, магнетизма и физики прочности и пластичности.

Ретроспективный анализ 80-летней деятельности показал, что **нам есть чем и кем гордиться**.

Институт был организован в центре уральской металлургии и машиностроения. Как говорил академик А.Ф. Иоффе, наука о металлах должна развиваться там, где металл рождается, и где его обрабатывают. Это предполагало практическую направленность в деятельности института.

Тем не менее в институте с первых дней существования развивались фундаментальные исследования по физике твердого тела. Уже в 1933 г. И.К. Кикоин и М.М. Носковым был открыт **фотомагнитоэлектрический эффект**, проявляющийся в возникновении электрического поля в освещенном полупроводнике, помещенном в магнитное поле.



И.К. Кикоин (слева), М.М. Носков, ок. 1933 г.

В 30–40-х гг. XX столетия были предложены многоэлектронные полярная и  $s-d/f$  обменная модели металлов (С.В. Вонсовский, С.П. Шубин), послужившие основой для всестороннего изучения **электронной структуры** и обусловленных ею **физических свойств  $d$ - и  $f$ -металлов**, их сплавов и соединений.

В дальнейшем значительный вклад в развитие этой области физики внесли сотрудники отдела теоретической физики, в особенности Е.А. Туров, Ю.П. Ирхин и их ученики (М.И. Куркин, В.И. Гребенников и др.), применившие указанные модели и представления к изучению совокупности электронных, магнитных и кинетических свойств металлов и полупроводников.

Широким фронтом теоретические исследования симметрии и фазовых переходов, несоизмеримых магнитных структур, неупорядоченных систем, сверхпроводимости велись в лаборатории Ю.А. Изюмова (В.Е. Найш, М.В. Медведев, М.В. Садовский, Ю.Н. Скрябин, В.Н. Сыромятников, Ф.А. Кассан-оглы, В.М. Лаптев и др.).

Исследования в области многоэлектронной теории были продолжены группой М.И. Кацнельсона, начинавшего научную работу под непосредственным руководством С.В. Вонсовского. В частности, были построены теории аномального магнетизма решеток Кондо, изучены необычные электронные свойства полуметаллических ферромагнетиков, построена количественная термодинамика слоистых непроводящих магнетиков (В.Ю. Ирхин, А.А. Катанин и др.).

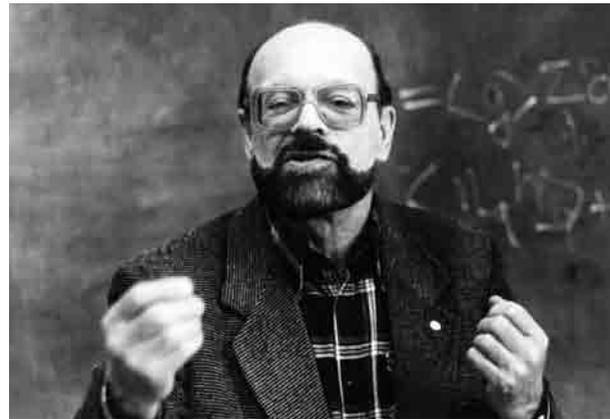
Особое значение изучение многоэлектронных эффектов приобрело после открытия в 1987 г. высокотемпературных сверхпроводников, для описания которых широко применяется модель Хаббарда, являющаяся частным случаем полярной модели. Этой тематикой занимались также Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин, Б.М. Летфулов. В настоящее время исследования многоэлектронных моделей продолжаются под руко-



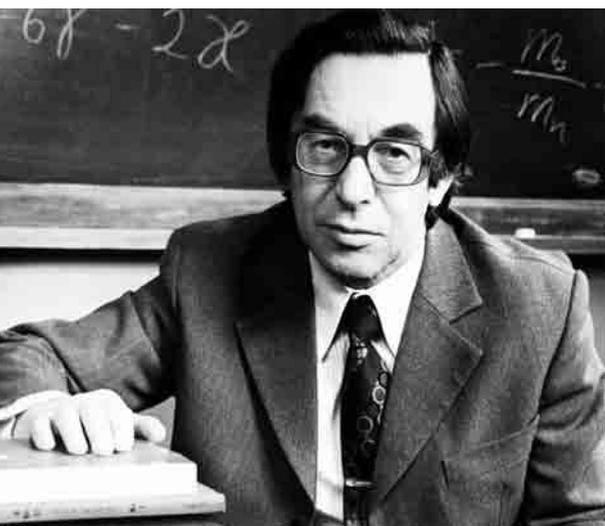
С.В. Вонсовский



Е.А. Туров



Ю.А. Изюмов



И.М. Цидильковский



С.А. Немнов

водством В.Ю. Ирхина в составе лаборатории теории конденсированного состояния, возглавляемой М.В. Садовским.

Предсказанная на основе полярной модели Шубина и Вонсовского возможность существования диэлектриков без энергетической щели между валентной зоной и зоной проводимости была экспериментально подтверждена при измерении температурной зависимости электропроводности и эффекта Холла у теллурида ртути, – эти работы вкупе с результатами дальнейших исследований **бесщелевых полупроводников**, широко применяемых в электронике в качестве материалов для приемников и генераторов электромагнитного излучения от радио- до инфракрасного диапазона частот, в 1982 г. удостоены Государственной премии СССР (С.В. Вонсовский, И.М. Цидильковский, Э.А. Нейфельд). Исследование электронных свойств полупроводников продолжается (В.И. Окулов, И.И. Ляпилин, И.Г. Кулеев, А.Т. Лончаков, Г.М. Миньков, В.И. Соколов, Т.П. Суркова, М.В. Якунин и др.).

Для изучения электронной структуры твердых тел в институте широко используется **рентгеновская спектроскопия**. Интенсивность рентгеновских спектров и плотность электронных состояний в кристалле имеют одни и те же особенности, что позволяет применять распределение интенсивностей рентгеновских линий для изучения электронной структуры. Разработаны и активно используются экспериментальные методы и соответствующие спектрометры (С.А. Немнов, В.А. Трапезников, Э.З. Курмаев, Ю.А. Бабанов, В.Р. Галахов и др.) для анализа рентгеновских спектров карбидов,

нитридов, сульфидов и оксидов переходных металлов, разных сплавов и интерметаллидов. Часть этих работ в 1989 г. удостоена Государственной премии РСФСР (Э.З. Курмаев).

При изучении энергетического спектра металлов с применением электронных вычислительных машин широко используются методы математической физики (В.П. Широковский, В.В. Дякин и др.).

Разработаны (В.И. Анисимов, М.А. Коротин) и успешно развиваются **расчетные методы анализа электронной структуры**, активно используемые в настоящее время в мировой науке. Особое внимание уделяется учету сильных электрон-

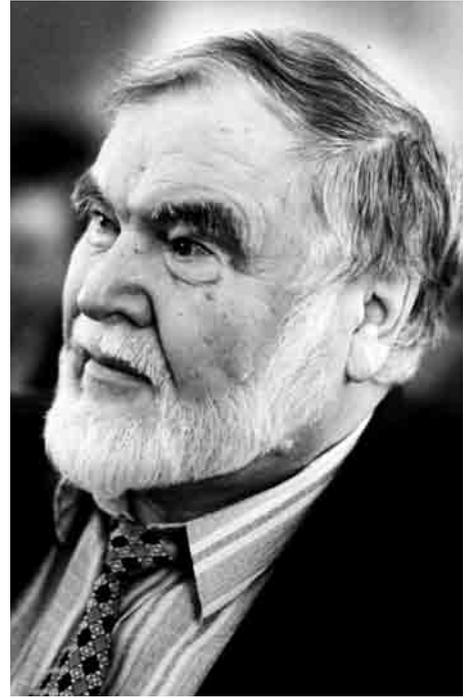
ных корреляций в рамках первопринципных расчетов, в частности развитию подхода динамической теории среднего поля (DMFT). Эти исследования сочетались с модельными подходами и велись в сотрудничестве с Ю.А. Изюмовым и группой М.И. Кацнельсона.

В настоящее время исследования электронных, магнитных и решеточных свойств переходных металлов группы железа проводятся как теоретически с использованием наиболее современных первопринципных квантовых подходов (Ю.Н. Горностырев), так и экспериментальными методами (А.В. Королев, Н.И. Коуров, В.В. Марченков, А.Н. Черепанов и др.).

В начале 60-х годов двадцатого столетия институт активно включился в исследования по проблеме **сверхпроводимости**, а с 1987 года – и по проблеме **высокотемпературной сверхпроводимости**, для решения которой сразу же была принята специальная государственная научно-техническая программа. Большой вклад в разработки в этих областях внесли И.М. Цидильковский, Б.Н. Гощицкий, М.В. Садовский, Е.П. Романов, Э.З. Курмаев, Г.Г. Талуц, Н.В. Волкенштейн, В.Е. Старцев, В.Е. Найш, А.И. Пономарев, В.Е. Архипов, С.В. Сударева, Е.Н. Попова, А.Ф. Прекул, Т.Б. Чарикова и др. Выполняется большой комплекс исследований, развиваются методы ЯМР, мессбауэровской и нейтронной спектроскопии. Созданы методы получения и впервые выращены монокристаллы ВТСП-соединений, исследования которых внесли весомый вклад в развитие теории сверхпроводимости. Разработаны также физические основы технологических процессов получения композитных сверхпроводников на основе  $Nb_3Sn$  и ВТСП-керамик, уникальная технология получения бесконечнослоевых высокотемпературных сверхпроводников, технологический процесс компактирования изделий из порошков ВТСП-керамик и изготовлены магнитные экраны с высокими эксплуатационными свойствами).

**Физика магнитных материалов** является одним из основных направлений деятельности института с момента его основания, а исследования, проводимые в этой области, охватывают практически весь спектр магнитных материалов.

Решение фундаментальных проблем магнетизма всегда сочеталось с разработкой новых и совершенствованием существующих магнитных материалов: высококоэрцитивных, пригодных для постоянных магнитов, магнитомягких сплавов для электротехниче-



В.П. Широковский



Н.В. Волкенштейн



Я.С. Шур



Ю.П. Ирхин

ской промышленности, магнитоотрицательных сплавов специального применения. Были созданы высококоэрцитивные сплавы с рекордной величиной магнитной энергии, нулевым температурным коэффициентом индукции, высокой температурной стабильностью магнитных свойств. На основе тонких и глубоких исследований особенностей поведения магнитной доменной структуры при перемагничивании монокристаллов кремнистого железа в переменных магнитных полях выяснена физическая природа электромагнитных потерь и определены способы улучшения магнитных свойств листовых электротехнических сталей. Нашли практическое применение эффективные магнитоотрицательные сплавы (Я.С. Шур, Б.Н. Филиппов, Н.В. Баранов, Ю.Н. Драгошанский, А.П. Потапов, В.Ф. Тиунов и др.).

Большое внимание в институте уделяется изучению физических свойств **редкоземельных металлов и соединений на их основе**. Наряду с построением теории магнитных, оптических, электрических и других физических свойств редкоземельных металлов изготовлены монокристаллы сплавов, которые обладают одновременно свойствами магнитомягких и магнитотвердых материалов при их перемагничивании вдоль разных кристаллографических направлений; разработана технология и получены постоянные высокоэнергетические и высококоэрцитивные магниты, чьи свойства соответствуют мировому уровню (Ю.П. Ирхин, А.С. Ермоленко, Н.В. Мушников, А.Г. Кучин, А.Г. Попов и др.).

Среди редкоземельных соединений особое место занимают **магнитные полупроводники**, обладающие уникальным сочетанием физических свойств, исследованием массивных и пленочных образцов которых в институте занимаются около полувека (А.А. Самохвалов, Н.И. Солин, Н.М. Чеботев и др.). Наряду с развитием физики магнитных полупроводников показана возможность их использования в качестве запоминающей среды при термомагнитной записи информации. На синтезированных пленках реализована точечная и голографическая запись информации, создан также ряд приборов для микроэлектроники (Н.Г. Бебенин, Н.Н. Лошкарева, Ю.П. Сухоруков и др.).

Работы по созданию и практическому использованию новых магнитных материалов удостоены в 1967 г. Государственной премии СССР (Я.С. Шур, Н.А. Баранова, В.С. Аверкиев, Н.А. Решетников), в 1985 г. – Премии Совета ми-

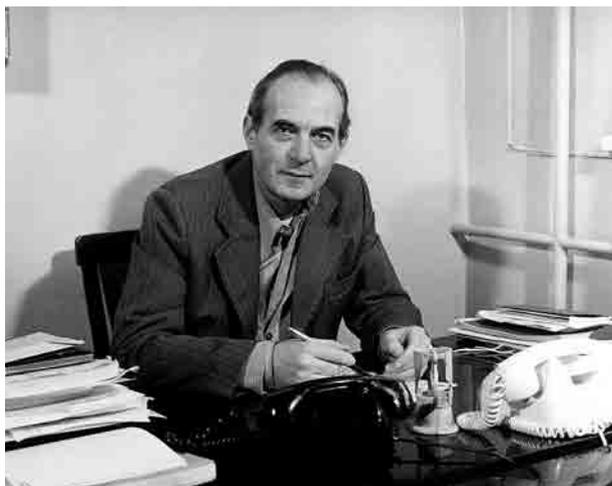
нистров СССР (Я.С. Шур, В.И. Бородин, В.В. Останин). Часть работ по редкоземельным соединениям удостоена в 1984 г. Государственной премии СССР (А.А. Самохвалов, Ю.П. Ирхин).

Пятнадцать лет назад в институте были начаты и получили широкое развитие работы по созданию и изучению нового класса магнитных материалов – **металлических магнитных наноструктур**. Получены обладающие гигантским магниторезистивным эффектом магнитные сверхрешетки и определены пути целенаправленного управления величиной этого эффекта, разработана технология изготовления магниторезистивных сенсоров на основе магнитных сверхрешеток (В.В. Устинов, А.П. Носов, Л.Н. Ромашев, М.А. Миляев и др.). Это направление работ сформировалось в результате цикла исследований термогальваномагнитных и акустических явлений в проводниках в сильном магнитном поле, развития теории квантовых волн, взаимодействия электронов проводимости с поверхностью проводников, высокочастотных явлений в металлах (П.С. Зырянов, В.П. Калашников, В.И. Окулов, В.В. Устинов, А.Б. Ринкевич и др.).

Работами института внесен существенный вклад в **магнитооптику и оптику металлов**, в том числе редкоземельных (А.В. Соколов, М.М. Кириллова, А.Н. Волошинский и др.); в развитие теории ядерного магнитного резонанса, широко используемого для исследования физических явлений в твердых телах (Е.А. Туров, М.И. Куркин, А.П. Танкеев, А.В. Скрипов, А.П. Степанов, С.В. Верховский, К.Н. Михалев и др.).

В последние десятилетия в институте получили развитие исследования по **нелинейным явлениям в магнитных материалах**, результаты которых признаны в мировой науке (А.Б. Борисов, Б.Н. Филиппов, А.П. Танкеев, В.В. Киселев, А.Г. Шагалов и др.); группа В.В. Дякина развивает теорию магнитостатических эффектов.

К проблеме магнетизма относятся и работы по созданию методов и средств **неразрушающего контроля качества** металлических материалов и изделий. Необходимость таких работ возникла уже в 30-е годы прошлого столетия, когда молодые сотрудники института начали знакомство с уральскими заводами. Отечественная война резко активизировала эти исследования, и разработанные в институте методы и аппаратура успешно использовались для контроля ка-



А.А. Самохвалов



П.С. Зырянов



А.В. Соколов



Р.И. Янус

чества боеприпасов и деталей военной техники. В последующие годы были созданы методы и аппаратура для контроля продукции мирного назначения: вагон-дефектоскоп для контроля рельсов, уложенных в путь (применяется на всех железных дорогах страны), магнитные, электромагнитные и вихретоковые дефектоскопы для выявления разного рода несплошностей, структуроскопы и текстурометры для неповреждающего контроля микроструктуры и зависящих от нее физических и механических свойств. В последние годы обращается особое внимание на миниатюризацию и автоматизацию этих приборов. Сотни заводов знают не понаслышке коэрцитиметры серии КИФМ, а десятки заводов, выпускающих или обрабатывающих трубы, – дефектоскопы для неповреждающего контроля их качества в поточном производстве или на завершающей стадии выпуска продукции.

В области неразрушающих физических методов контроля в институте выросла плеяда ученых, хорошо известных широким научным и инженерным кругам. Это Р.И. Янус, М.Н. Михеев, П.А. Халилеев, В.В. Власов, Н.М. Родигин, В.Е. Щербинин, Г.С. Корзунин, Я.Г. Смородинский, А.С. Шлеенков, А.П. Ничипурук, В.И. Пудов, Г.В. Бида, В.Н. Костин, А.Н. Печенков, Ю.Я. Реутов, В.А. Сандовский и др. Широкое распространение в промышленности получили приборы и методы коэрцитиметрического контроля качества термообработки стальных изделий, вагоны-дефектоскопы для контроля железнодорожных рельсов, феррозондовые магнитометры различного назначения, трубные дефектоскопы для выявления дефектов металла и контроля сварных швов. За работы в этой области удостоены Государственных премий СССР П.А. Халилеев (1946 г.), М.Н. Михеев и Р.И. Янус (1951 г.) и Премии Правительства Российской Федерации – В.Е. Щербинин (1996 г.), А.С. Шлеенков (2003 г.), Я.Г. Смородинский (2004 г.).

В результате интенсивного исследования динамических явлений, связанных с магнитоупругими взаимодействиями в магнитных кристаллах (Е.А. Туров, К.Б. Власов, М.И. Куркин, В.В. Меньшинин, А.Б. Ринкевич и др.) были предсказаны магни-

тоакустический резонанс, появление связанных магнитоупругих волн и ряд других эффектов. Также было установлено, что в результате взаимодействия упругих и спиновых волн возникает вращение плоскости поляризации звука. Эти работы, часть которых удостоена в 1986 г. Государственной премии Украинской ССР

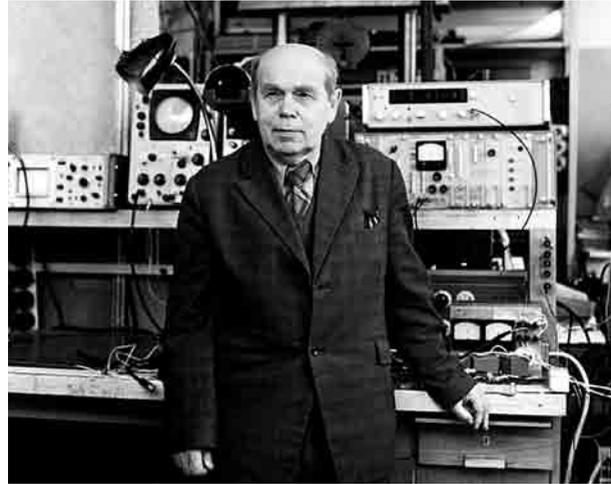
(Е.А. Туров, К.Б. Власов), привели к формированию новой области физики магнитных явлений – магнитоакустики.

Изучение свойств магнетиков в рамках симметричного феноменологического подхода, начатое Е.А. Туровым, сейчас продолжают сотрудники отдела теоретической и математической физики (В.В. Меньшенин, В.В. Николаев и др.).

В конце 50-х – начале 60-х гг. прошлого столетия в институте были начаты и получили развитие работы по **использованию нейтронов для исследования твердых тел** методами магнитной нейтронографии. Этому способствовало бурное развитие в стране атомной промышленности. По инициативе и при решающей поддержке академиков А.П. Александрова, С.В. Вонсовского и М.Д. Миллионщикова в г. Заречном основан нейтронный материаловедческий центр на базе исследовательского атомного реактора ИВВ-2М. В создании этого центра активное участие принял, а затем долгое время руководил им лауреат Ленинской премии, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д.ф.-м.н. профессор С.К. Сидоров.

Созданный там комплекс уникальных экспериментальных методик и установок позволяет изучать атомную и магнитную структуры и динамику конденсированных сред, облучать разные материалы быстрыми нейтронами и гамма-квантами в разных внешних условиях, измерять гальваномагнитные и тепловые свойства кристаллов в широком интервале температур, магнитных полей и давлений (Б.Н. Гощицкий, А.З. Меньшиков, С.Ф. Дубинин, А.Е. Карькин, В.Д. Пархоменко, Ю.Г. Чукалкин и др.). Одновременно получили развитие теоретические основы нейтронографического определения магнитной структуры кристаллов (Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрыбин, В.Е. Найш, Ф.А. Кассан-Оглы, Э.З. Валиев и др.). Часть этих работ в 1986 г. была удостоена Государственной премии СССР (Ю.А. Изюмов).

К настоящему времени тематика научных исследований с использованием нейтронного и электронного излучений существенно расширилась. Активно и плодотворно изучаются радиационно-стимулированные явления (химические сегрегации и расслоения, разупорядочения, радиационные дефекты и т.д.) в металлах, сплавах и соединениях (В.Л. Арбузов и др.). Успешно ведутся работы по повышению радиационной стойкости реакторных сталей (В.В. Сагарадзе и др.).



В.В. Власов



К.Б. Власов



С.К. Сидоров



В.Д. Садовский

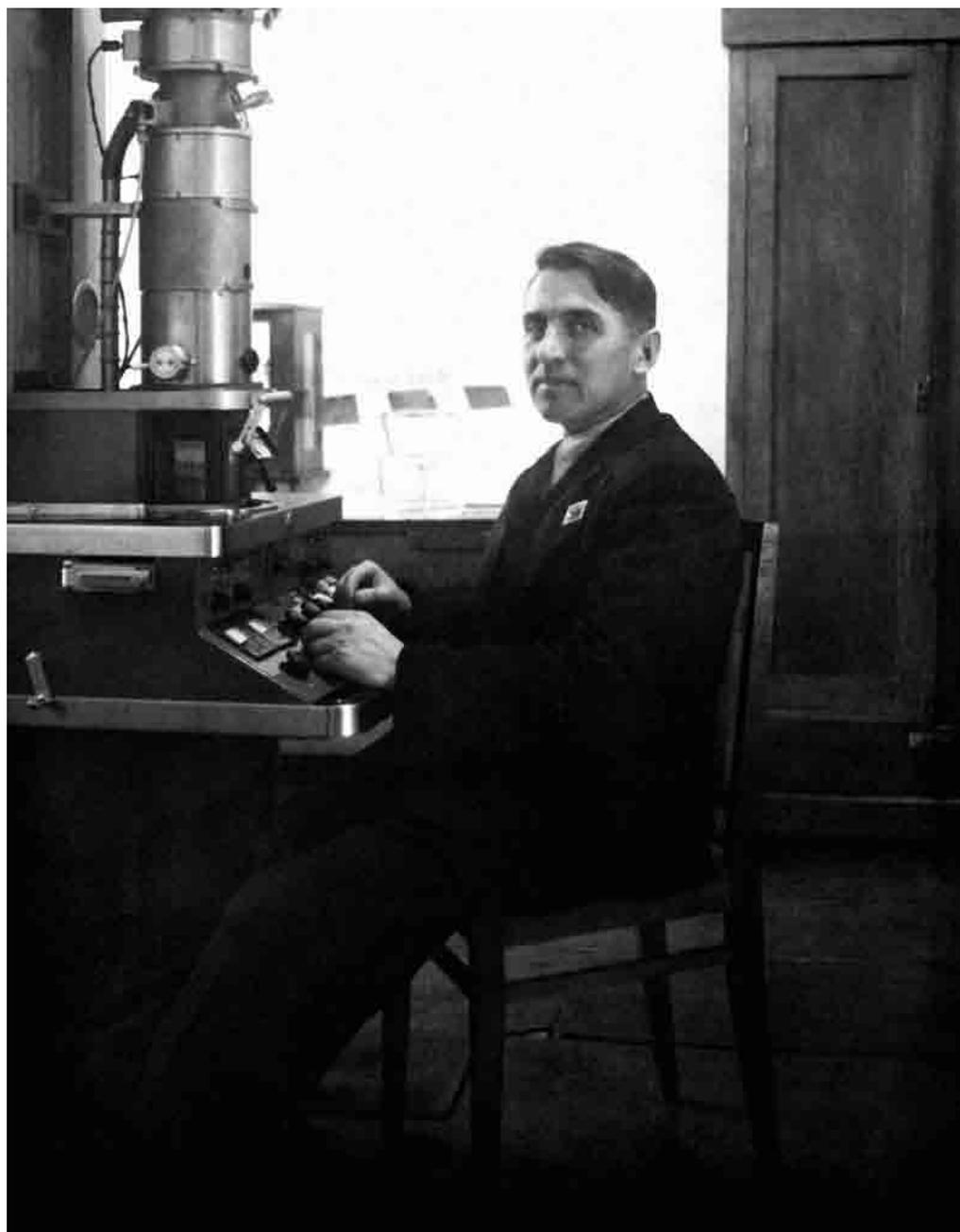
В области **физического металловедения** черных и цветных металлов, развивающейся в институте с первых лет его существования, выполнены основополагающие работы по фазовым превращениям в сталях, сплавах и соединениях, по пластической деформации чистых металлов, сплавов и интерметаллидов.

Научной школой академика В.Д. Садовского внесен весомый вклад в теорию перекристаллизации сталей, обнаружено и подробно изучено явление структурной наследственности; совместно с создателями установок сильных магнитных полей (И.Г. Факидов и др.) установлен и исследован эффект инициирующего влияния магнитного поля на мартенситное превращение; построены диаграммы изотермического превращения аустенита в сталях, вошедшие в атласы и справочники (В.Д. Садовский, В.М. Счастливец, И.Л. Яковлева, Л.Н. Ромашев, Ю.В. Калетина и др.).

В результате исследований фазовых превращений и пластической деформации обнаружен эффект высокотемпературной термомеханической обработки в отношении ослабления хрупкости конструкционных сталей и повышения длительной прочности жаропрочных сплавов (Е.Н. Соколов, Л.В. Смирнов, С.Н. Петрова, Ю.П. Сурков); открыто явление фазового наклепа (К.А. Малышев) и на его основе предложен новый способ повышения прочности аустенитных сталей (В.В. Сагарадзе, А.И. Уваров и др.). Существенно развиты представления о тонкой структуре продуктов распада переохлажденного аустенита в конструкционных сталях (В.М. Счастливец, Д.П. Родионов, А.Б. Кутьин, Т.И. Табатчикова и др.). Глубоко изучены процессы, происходящие при деформации и рекристаллизации электротехнической стали и определяющие уровень ее магнитных свойств (Б.К. Соколов, В.В. Губернаторов, И.В. Гервасьева). Часть работ в этой области была удостоена Государственных премий в 1986 г. (В.Д. Садовский), часть – в 1989 г. (Л.В. Смирнов, С.Н. Петрова).

На основе установленных закономерностей взаимосвязи структуры и свойств материалов при внешних воздействиях разработаны высокопрочные аустенитные стали со специальными функциональными свойствами: коррозионной и радиационной стойкостью, износостойкостью, эффектом памяти формы (В.В. Сагарадзе, Л.Г. Коршунов, С.В. Косицын, И.И. Косицына).

Хорошо известны работы по теории **распада пересыщенных твердых растворов** (Н.Н. Буйнов, А.В. Добромислов и др.).



Н.Н.Буйнов за первым в институте электронным микроскопом ЕМІ-2

В результате были предложены оптимизированные режимы двухступенчатого старения в применении к алюминиевым и титановым промышленным сплавам. Сочетание двух фазовых превращений – атомного упорядочения и старения – позволило разработать высокопрочные износостойкие сплавы на основе бла-



М.В. Якутович



К.П. Родионов

городных металлов, нашедшие применение для изготовления слаботочных скользящих контактов ответственного назначения (В.И. Сюткина, О.Д. Шашков, А.Ю. Волков и др.).

Работы по изучению **механизма пластической деформации** металлических материалов проводятся в институте с момента его создания. Начатые М.В. Якутовичем, они были успешно продолжены В.А. Павловым, Н.И. Носковой, А.Н. Орловым, Ю.М. Плишкиным, а в последнее время Б.А. Гринберг, В.В. Кондратьевым, Ю.Н. Горностыревым, Л.Е. Карькиной, Л.И. Яковенковой и др.

В последние 15–20 лет теоретическими и экспериментальными методами интенсивно изучаются механизмы пластической деформации **интерметаллидов** на основе систем титан–алюминий, никель–алюминий – перспективных материалов для авиа- и космической техники (Б.А. Гринберг, Е.П. Романов, В.Г. Пушкин, Ю.Н. Акшенцев, Н.Н. Степанова, Н.В. Казанцева и др.).

Процессы пластической деформации и фазовых превращений в твердых телах исследуются в институте не только в обычных условиях, но и при экстремальных внешних воздействиях. В ряду таких воздействий особое место занимают **высокие давления**. Работы по их получению и применению (от десятков до сотен тысяч атмосфер) начались у нас более полувека назад. Имеется большой объем фундаментальных знаний, найдены и разработаны новые способы обработки. К числу высокоэффективных, обеспечивающих значительное повышение качества металла и снижение металлозатрат технологических процессов, нашедших практическое применение, относятся гидроэкструзия – особенно эффективный способ деформирования малопластичных хрупких твердых тел, гидромеханическая штамповка для изготовления деталей с большим отношением высоты к диаметру и деталей сложной формы из трубной заготовки. Существенный вклад в физику и технику высоких давлений внесли К.П. Родионов, Б.И. Береснев, Н.П. Гражданкина, Б.И. Каменецкий, И.В. Медведева, А.И. Стрегулин и др.

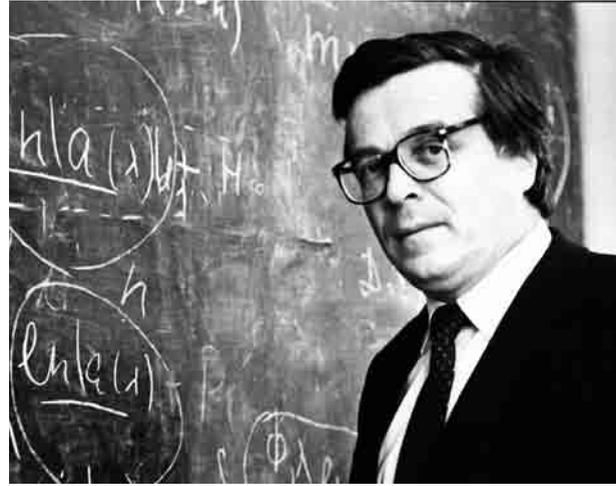
В последние годы проводятся исследования воздействия на твердые тела не только статических, но и динамических всесторонних давлений и локальных нагрузок (И.Г. Бродова, А.В. Добромыслов, В.И. Зельдович, В.А. Теплов, Н.И. Талуц и др.). Часть этих работ в 1989 г. была удостоена премии Совета министров СССР (Г.Г. Талуц, Д.П. Родионов, Л.В. Смирнов).

Высокое давление, способствующее пластифицированию твердых тел, в последнее время используется для получения **наноструктурного** состояния металлических материалов методом сдвига под давлением (В.П. Пилюгин и др.). Этот метод пригоден для исследовательских целей и успешно применяется в институте при изучении структурных и фазовых превращений в металлах и сплавах, подвергнутых предельно высокой пластической деформации (М.В. Дегтярев, И.Г. Бродова, В.А.Шабашов и др.).

Более пригодны для практического использования методы механического сплавообразования, позволяющие как получать сплавы из взаимно нерастворимых в обычных условиях компонент, так и добиваться наноструктурного состояния металлических материалов. Часть работ, выполненных в институте по механической активации металлических систем, в 1993 г. была удостоена Государственной премии Российской Федерации (А.Е. Ермаков, Б.А. Баринов).

Наноструктурное состояние материалов, к которому в настоящее время привлечено внимание ученых разных областей науки, достигается и другими способами. Как показали работы наших исследователей, наноструктурные, а иногда и аморфные состояния металлических материалов можно получить и при многократных фазовых превращениях в твердом состоянии, под воздействием потоков высокоэнергетических частиц – нейтронов, электронов или ионов – при определенных способах кристаллизации (Н.И. Носкова, В.Г. Пушин, В.О. Есин и др.).

Некоторые из названных способов измельчения микроструктуры были обнаружены при проведении исследований проблемы повышения **износостойкости** металлических материалов. Эта проблема в институте решается как путем специальной деформационно-термической обработки поверхности стальных изделий (Л.Г. Коршунов и др.), так и нанесения на изделия износостойких покрытий (И.Ш. Трахтенберг и др.). Сейчас в институте разработаны технологии и соответствующее оборудование для нанесения на изделия алмазоподобных покрытий, существенно повышающих сопротивление износу. Эти разработки пользуются большим вниманием зарубежных фирм. В последние годы получены результаты, показывающие, что алмазоподобные покрытия с успехом могут применяться в ортопедии.



Г.Г. Талуц



В.И. Архаров

Работы по алмазоподобным покрытиям были начаты в коллективе, многие годы выполняющем на высоком научном уровне исследования закономерностей **диффузии** в металлах и сплавах и получившем результаты, признанные в мировой науке (В.И. Архаров, С.М. Клоцман, В.Б. Выходец, В.В. Попов и др.).

По образному выражению одного из ученых, наш институт является не только «храмом науки, но и **кузницей научных кадров**».

В нашем коллективе выросли шесть действительных членов Российской академии наук – С.В. Вонсовский, В.Д. Садовский, И.М. Цидильковский, В.М. Счастливец, Ю.А. Изюмов, В.В. Устинов и девять членов-корреспондентов РАН – А.Б. Борисов, Б.Н. Гощицкий, М.Н. Михеев, Н.В. Мушников, Е.П. Романов, В.В. Сагарадзе, Е.А. Туров, Я.С. Шур, В.Е. Щербинин. Членами академии наук СССР и РФ были избраны И.К. Кикоин и М.В. Садовский, перед этим проработавшие в нашем институте более 10 лет. В Украинскую академию наук были избраны В.И. Архаров, А.П. Комар и Б.И. Береснев, а в АН Белоруссии – Н.Н. Зацепин. Членами Академии естественных наук РФ являются Э.З. Курмаев и В.Г. Пушкин, членами Академии инженерных наук РФ – В.Е. Щербинин и Г.Г. Талуц, членом Метрологической академии РФ – Г.С. Корзунин.

За время существования института через докторантуру, аспирантуру и соискательство подготовлены более 160 докторов и около 750 кандидатов наук.

Следующие статьи раскрывают некоторые страницы истории института, представляя сведения о жизни и научной деятельности ряда ведущих ученых и организаторов науки, стоявших у истоков науки о металлах на Среднем Урале и определивших развитие этой науки в течение всех восьми десятилетий существования института.

*В.В. Устинов  
В.М. Счастливец  
М.В. Дегтярев*

---

ОСНОВОПОЛОЖНИКИ

---



---

# Михаил Николаевич МИХЕЕВ

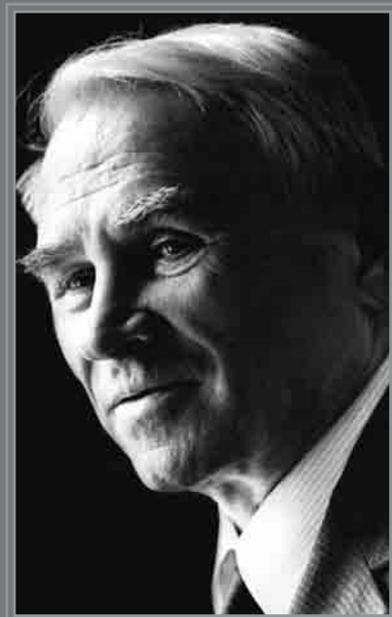
Если очень коротко – родился 28 октября 1905 г. на станции Зуевка Вятской губернии, умер 27 августа 1989 г. в городе Свердловске, член-корреспондент Академии наук СССР, основатель и директор с 1932 по 1986 г. (с перерывами в 1937 – 1945 и 1948 – 1953 гг.) Института физики металлов АН СССР, УНЦ АН СССР, УрО РАН. Можно еще добавить, что Институт при нём несколько раз менял название.

Сказать больше очень не просто потому, что это была личность огромная и многогранная. Живы люди, которые его хорошо знали, способные говорить о нём часами. Не знаю только никого, кто отозвался бы о нём неуважительно или припомнил бы хоть один случай из его биографии, который можно было бы поставить ему в вину.

Родился и вырос будущий член-корреспондент Академии наук в самой настоящей российской глубинке в маленьком посёлке под названием Зуевка в Вятской губернии. Посёлок маленький, но стоит на главной железнодорожной артерии страны – из столицы России (тогда Санкт-Петербурга) в Сибирь. По железной дороге катились с запада на восток и обратно бесконечные составы, вначале с солдатами Первой мировой, потом Гражданской войны. Сам М.Н. Михеев говорил, что в то смутное время мог бы сбиться с «правильного» пути, стал бы хулиганом, если бы в 1918 г. на станции Зуевка не появилась ячейка РКСМ (Рабоче-крестьянского союза молодёжи). Там он получил добрый совет – сначала окончить школу 2-й ступени. Он закончил её, как и обещал, на 4 и 5, а потом вплотную приступил к работе в ячейке. В 1922 г. комсомольская ячейка рекомендует его в кандидаты партии, несмотря на юный возраст.

После завершения Гражданской войны для экономики страны нужны были образованные люди. В 1923 г. из Вятского губкома в Зуевскую ячейку пришла одна единственная путёвка в Петроградский университет на физико-математический факультет. Михеев оказался самой подходящей кандидатурой и поехал в Питер. Сначала, правда, отказывался: «Отец кое-как читает, мать вовсе неграмотная, не потяну. Да и вообще на “железку” собираюсь».

---





Студент М.Н. Михеев, 1924 г.

В Петрограде учёба давалась хорошо, главное было выдержать экзамен голодом. И сейчас трудно прожить на одну стипендию, а в то голодное время разрухи? Он организовал бригаду из студентов, и стали они после учёбы работать в торговом порту, ломать старые баржи, разгружать заледенелые дрова... В 1924 г. его выбрали секретарем комсомольского комитета физмата.

Вместе с партийным комитетом комсомольцы определяли политическое и научное лицо всего университета. Между прочим, именно он, Михеев, в составе приёмной комиссии принял в университет будущих светил науки Вонсовского и Шура.

На четвёртом курсе в 1928 г. Михеева пригласили в Ленинградский физико-технический институт, который возглавлял выдающийся учёный с мировым именем – Абрам Фёдорович Иоффе. Ученик Рентгена, учёный широчайшего диапазона, способный сразу уловить суть любого научного доклада и выступить строго по существу. Редкостный эрудит, дающий последнюю информацию из первых рук.



В.И. Дрожжина, Б.Г. Лазарев, Л.С. Лазарева, М.М. Носков, П.Н. Жукова, М.М. Михеев, середина 1930-х гг.

«Иоффе не был чародеем, – пишет в своей книге о нем Олег Писаржевский. – Просто любил свою науку и обладал завидной способностью заражать этой любовью других. В его молодом институте многочисленные лаборатории возникали, как буйные ростки после благодатного дождя...». Он, воплощая свои идеи о связи науки с жизнью, стремился двинуть физику в глубины Советской России, создать в стране целую сеть физических институтов – в центре, на юге, востоке. Академик

Иоффе считал, что сосредотачивать науку только в Москве и Ленинграде неправильно. Она должна развиваться и в регионах, перспективных в промышленном отношении.

Так, когда встал вопрос о создании металлургического комплекса Урал – Кузбасс, родился Уральский физико-технический институт (ныне Институт физики металлов УрО РАН) – металлургической промышленности нужна была своя физика металлов. Вначале Институт родился на бумаге, и Иоффе после полугодов раздумий и поисков неожиданно предлагает на должность директора нового института рядового аспиранта из группы магнитных явлений Михаила Михеева. Почему выбор пал на аспиранта Михеева, которому едва исполнилось 26 лет, в первоначальном составе нового института ведь были и кандидаты и доктора наук?!

Здесь видимо сыграла свою роль интуиция и, если хотите, прозорливость директора ЛФТИ А.Ф. Иоффе, который предложил в Наркомате тяжелой промышленности эту кандидатуру.

- Да Вы что, Абрам Фёдорович? – удивились там.
- Молод, неопытен, научного авторитета нет.
- Почему неопытен? – возразил Иоффе. – Уже десять лет в партии. Комсомольский вожак. А научный авторитет – дело наживное. Что же касается молодости, – это прекрасно! Старому человеку строительство, какое нам предстоит в Свердловске, просто не поднять.

Из книги лауреата Ленинской и Государственной премий доктора технических наук Павла Акимовича Халилеева «Двадцатый век моими глазами».

– Директором Уральского физико-технического института (УралФТИ/ИФМ) стал молодой и простецкий парень Михаил Николаевич Михеев, конечно, член партии, в то время как Дорфман, Кикоин и большинство других учёных института были беспартийными. Михеев оставался нашим директором более 50 лет! В годы нашей работы в ЛФТИ мы мало видели Михеева, он строил в Свердловске для УралФТИ здания, рабочие и жилые: грандиозное здание будущего ИФМ – пятиэтажный корпус, к которому примыкают несколько одноэтажных длинных крыльев.

Потом директор стал появляться чаще: нужно готовить оборудование и людей к переброске на Урал. Оборудование не возражало, а вот люди... И занялся директор обработкой людей.



Первое здание Уральского физико-технического института, 1935 г.

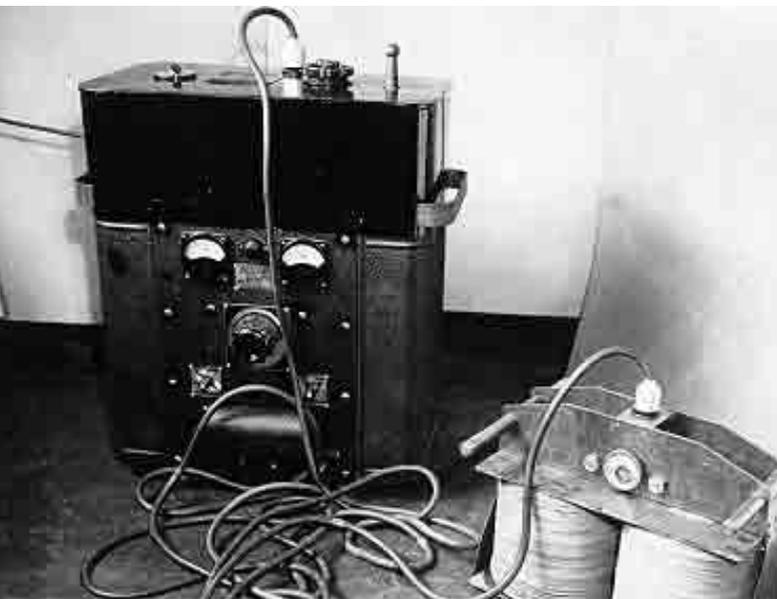
Молодой Михеев метался между Ленинградом и Свердловском, убеждал и строил, доставал строительные материалы и станки, подбирал и находил кадры. Прежде всего нужно было создать теоретический отдел, потому что несмотря на молодость, Михеев понимал: не может быть серьезной науки без фундаментальных теоретических исследований. Молодых теоретиков выбрали вместе с Иоффе из выпуска Ленинградского университета и аспирантов ЛФТИ, сложнее было с руководителем. И такого руководителя Михеев нашел – на Урале, в Магнитогорске. Это был выпускник Московского университета, ученик академиков Л.И. Мандельштама и И.Е. Тамма – Семён Петрович Шубин. Это был молодой ещё человек, но своими работами уже громко заявивший о себе, и с осени 1932 г. теоретический отдел заработал в Свердловске.

Убеждение, что наука должна работать на два фронта: постижение не изведанных тайн природы и решение ещё не решённых задач техники, задач производства, у М.Н. Михеева было, очевидно, в крови, сызмальства. Он отдавал много сил созданию современной экспериментальной базы в своём совсем молодом институте.

Михееву и его соратникам удаётся сделать главное и, кажется, невозможное. Уже к середине 1936 г. все семь отделов и лабораторий института работали в Свердловске. В нём были так же созданы современные механические мастерские и конструкторский отдел. Наконец, приказом от 2 февраля 1937 г. в качестве совещательного органа при директоре создаётся научный совет, сплошь состоящий из докторов и кандидатов. Уже своих докторов и кандидатов. Уралфизтех не только начал работать в полную силу, но и стал физическим центром Уральского края.

Казалось бы, для директора института пришло время пожинать первые плоды, самому получать заслуженные поощрения. Но на дворе стоял 1937 год. На директора УралФТИ обрушиваются несправедливые гонения. Приказ дирек-

тора института от 9 сентября вышел... с другой подписью... «На основании приказа по НКТП (Народному комиссариату тяжелой промышленности) Михеева М.Н. снять с должности директора УралФТИ с 1.9.1937...». Наверное, по-другому и быть не могло, слишком горячо и активно вступался Михеев за коллег и товарищей по работе, впавших в немилость в то трудное время. Позднее он рассказывал, что после ареста С.П. Шубина он каждую ночь ждал ареста, и у него был сложен узелок с необходимыми вещами, которые он собирался взять с собой, не тревожа семью, если за ним придут.



Коэрцитиметр М.Н. Михеева, 1938 г.

Но УралФТИ опять повезло: место Михеева занял Михаил Васильевич Якутович, достойный человек и отличный учёный, сумевший отвести от родного института и его лучших сотрудников немалые беды, в том числе и от Михеева. И Михаил Николаевич с головой уходит в научную работу, чего не мог себе позволить, будучи директором. За удивительно короткое время он добился существенных успехов в ряде собственных разработок, связанных с магнитными методами неразрушающего контроля качества изделий из сталей. Уже весной 1938 г. им был налажен магнитный контроль труб на Первоуральском новотрубном заводе. Там впервые успешно опробован в промышленных условиях его коэрцитиметр (прибор, основанный на фиксации величины коэрцитивной силы, т.е. поля, необходимого для размагничивания предварительно намагниченных изделий, вошедший в историю отечественного неразрушающего контроля под именем коэрцитиметра Михеева). Позднее прибор получил название КИФМ (коэрцитиметр Института физики металлов). В названии прибора отмечено имя его родного института.

К началу войны в институте, созданном М.Н. Михеевым, сложился крепкий коллектив учёных-специалистов в разных областях физического металловедения и неразрушающего контроля. В трудное военное время Михаил Николаевич был командирован на Челябинский тракторный завод, перешедший в войну на производство танков, точнее на завод, выпускающий двигатели для танков. В музее ИФМ можно увидеть копию приказа по Кировскому заводу № 1624 гор. Челябинска «О внедрении коэрцитиметров инженера Михеева на Кировском заводе». В этом приказе отмечается, что за полуторагодовой срок работы коэрцитиметра в цехах завода прибор полностью зарекомендовал себя как средство, обеспечивающее более высокое качество контроля по сравнению с другими существующими методами и средствами. Объявляется благодарность и назначается премия лично товарищу Михееву М.Н. в размере 3000 рублей. Михеев и сотрудники завода, принимавшие активное участие во внедрении коэрцитиметров в производство, награждаются промышленными премиями, и выделяется по 30 пачек табаку на те цеха, где проводилось внедрение коэрцитиметров. Это была очень ценная награда в голодное военное время.

За все годы войны Михеев лишь один раз попросил командировку «по личному делу» — для защиты диссертации на учёную степень кандидата технических наук. Его оппонент академик Анатолий Петрович Александров на защите сказал: «С защитой этой диссертации авторитет Уралфизтехы вырос ещё больше».

Вклад в Победу сотрудников института, в котором с 1945 г. вновь у директорского руля был Михаил Николаевич Михеев, трудно назвать только значительным или большим. Почти на всех крупных оборонных заводах Урала работали сотрудники Уралфизтехы. Налажен контроль



М.Н. Михеев  
и президент Академии наук СССР  
А.П. Александров, 1978 г.

артиллерийского оборудования и снарядов, танков. На Нижнетагильском металлургическом комбинате освоено производство сталей, необходимых для военной промышленности. Надо отметить и ту большую роль, которую сыграли сотрудники института в обеспечении атомного щита нашей Родины. Именно в этом видел свою роль директор Института физики металлов АН СССР, так стал именоваться бывший УралФТИ после войны.

Хотя в период войны М.Н. Михеев не был директором, зато он смог прекрасно реализовать себя как физика экспериментатора, способного решать важные производственные проблемы. В 1945 г. он был награждён орденом «Знак Почёта» и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1945 – 1945 гг.». В 1951 г. за разработку и внедрение новых методов контроля структуры и фазового состава стальных изделий после различной термической обработки Михаилу Николаевичу присвоено звание лауреата Государственной премии СССР. Этим так же был отмечен его личный вклад в Победу.

Дальше был труд и ещё раз труд в институте, спор и борьба с бюрократами и волюнтаристами на любом уровне, будь то горком или обком партии. За это его опять снимали с должности директора в 1948 г. В 1953 г. он вернулся в кресло директора и работал беспрерывно в этой должности до 1986 г.

В январе 1953 г. он создал свою лабораторию, которая с 1959 г. стала называться лабораторией магнитного структурного анализа.

Под его непосредственным руководством в лаборатории работа велась по трём основным научным направлениям:

– исследование магнитных, механических и электрических свойств сталей после разных термических обработок;



В лаборатории магнитного структурного анализа.  
Слева направо: Г.В. Биды, В.М. Морозова, М.Н. Михеев

– изучение магнитных свойств слабомагнитных металлов после разных воздействий;

– изучение влияния упругопластических деформаций на магнитные свойства материалов ответственных конструкций (в первую очередь это касалось корпусов кораблей и авиа деталей).

Кроме этого в лаборатории решались многие важные для промышленности страны задачи, связанные с контролем структуры и фазового состава сталей, качества поверхностно-упрочняемых деталей, механических свойств проката.

М.Н. Михеев имел государственный подход к решаемым вопросам. Так, относительно приборов контроля он стремился изжить кустарщину. Разработанными в ИФМ приборами он старался обеспечить все заинтересованные предприятия. Здесь требовались не десятки или сотни, а тысячи приборов. И Михеев находил тех, кто мог это сделать. Он размещал заказы на изготовление крупных партий своих приборов в различных городах: в Москве, Кишиневе и т.д. Необходимо отметить, что всю ответственность за качество этих приборов Михаил Николаевич брал на себя. Сотрудникам его лаборатории не раз приходилось «доделывать» сторонние приборы.

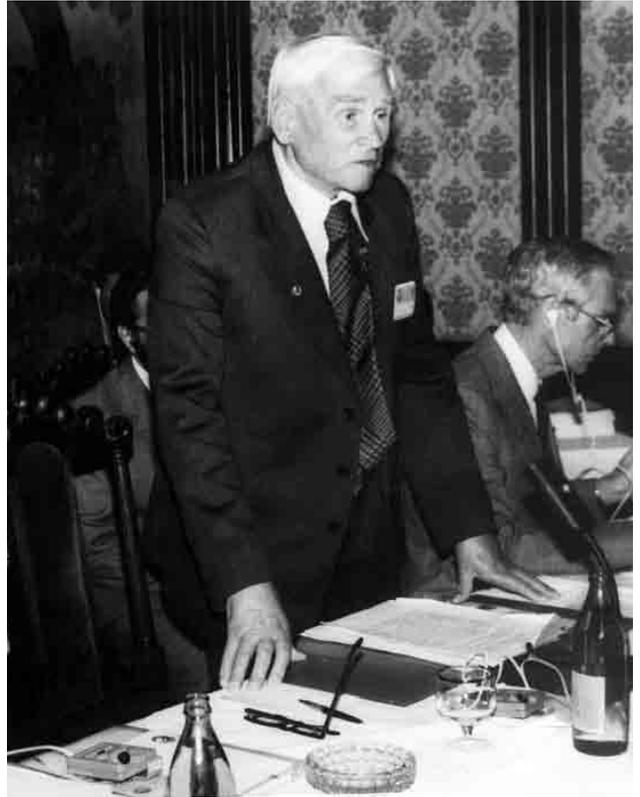
При этом он продолжал строить свой институт, не забывая и про жилье для сотрудников.

В 1958 г. Михееву присуждена степень доктора технических наук. Он мог бы стать доктором гораздо раньше, но дела института он всегда ставил выше своих.

В 1966 г. он организует и становится главным редактором журнала «Дефектоскопия» – единственного на то время в СССР журнала по неразрушающему контролю.

С 1974 по 1986 г. Михеев занимал должность председателя научного совета АН по проблеме «Физические неразрушающие методы контроля», на который были возложены функции национального комитета. В 1979 г. Михаил Николаевич Михеев был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Необходимо отметить его роль в создании Ижевского отдела Института физики металлов (позднее Физико-технического института УрО РАН). В Ижевск из ИФМ в 1977 г., как в свое время из ЛФТИ в Свердловск, переехала большая группа молодых учёных. Михеев оказал большую помощь новому институту в создании научно-экспериментальной базы, лично подбирая кадры.



М.Н. Михеев – председатель Оргкомитета X Международной конференции по неразрушающему контролю (Москва), 1982 г.



М.Н. Михеев и С.В. Вонсовский

За свою жизнь Михаил Николаевич Михеев успел сделать очень многое, и всё, чем он занимался, было доведено до практического результата, всё, созданное им, успешно работает и в настоящее время.

Его научная и организаторская деятельность отмечена многими государственными наградами, в том числе орденами:

- Октябрьской революции в 1971 г.;
- Трудового Красного Знамени в 1975 г.;
- Ленина в 1983 г.;
- «Знак Почета» в 1945 г. и «Знак Почета» 1954 г.

У парадного входа в Институт физики металлов УрО РАН на всех входящих смотрит с бронзовой мемориальной доски лицо человека, создавшего это учреждение и руководившего им более 50 лет, – лицо Михаила Николаевича Михеева, большого учёного и прекрасного человека.

*М.Б. Ригмант*

---

## Семён Петрович ШУБИН: оборванный восход

Семен Петрович Шубин, первый руководитель отдела теоретической физики ИФМ, родился в 1908 г. в городе Либаве (сегодня Лиепая). Его отец, Пётр Абрамович Виленский, известный деятель РСДРП (меньшевик), публицист, взял себе псевдоним «Шубин», который превратился в фамилию. В 1913 г. он оказался в Петербурге; здесь в доме Шубиных-Виленских бывал Андрей Белый, другие известные деятели культуры... В 1916 г. старшие сыновья Семен и Евсей поступили в частное реальное училище Карла Мая, где учились А.Н. Бенуа, Н.К. Рерих, Д.С. Лихачев. Затем Революция и Гражданская война, скитания... В 1923 г. Петра Абрамовича пригласил на работу в «Правду» Бухарин и вся семья переехала в Москву.

В 1923 г. 15-летний Семен стал студентом физико-математического факультета Харьковского университета, в конце этого же года перевелся в Московский университет и с отличием закончил его в 19 лет. Его учителями были Л.И. Мандельштам (1879–1944 гг.) и И.Е. Тамм (1895–1971 гг.). По результатам дипломной работы он опубликовал первую статью «Некоторые проблемы теории возмущений линейных колебательных систем».

Научная работа Шубина оказалась удивительно продуктивной и разносторонней. Несмотря на короткое время, ему отпущенное, он успел написать 181 статью – по теории колебаний, статистической физике, квантовой электродинамике. Но самыми многочисленными были его работы по физике твердого тела, особенно по теории металлов (многие работы остались неопубликованными, см. библиографию и обсуждение в [1]). Ряд работ, выполненных совместно с И.Е. Таммом, посвящен оптическим свойствам металлов и фотоэффекту. Шубин вскрыл основную причину поглощения света электронами проводимости – скачок потенциала на поверхности металла. В работе «К теории жидких металлов» (1933 г.) он впервые подошел к этой проблеме с точки зрения квантовых представлений. В заметке «О возможных аномалиях сопротивления при низких температурах» (1931 г.) Шубин сделал попытку понять

---

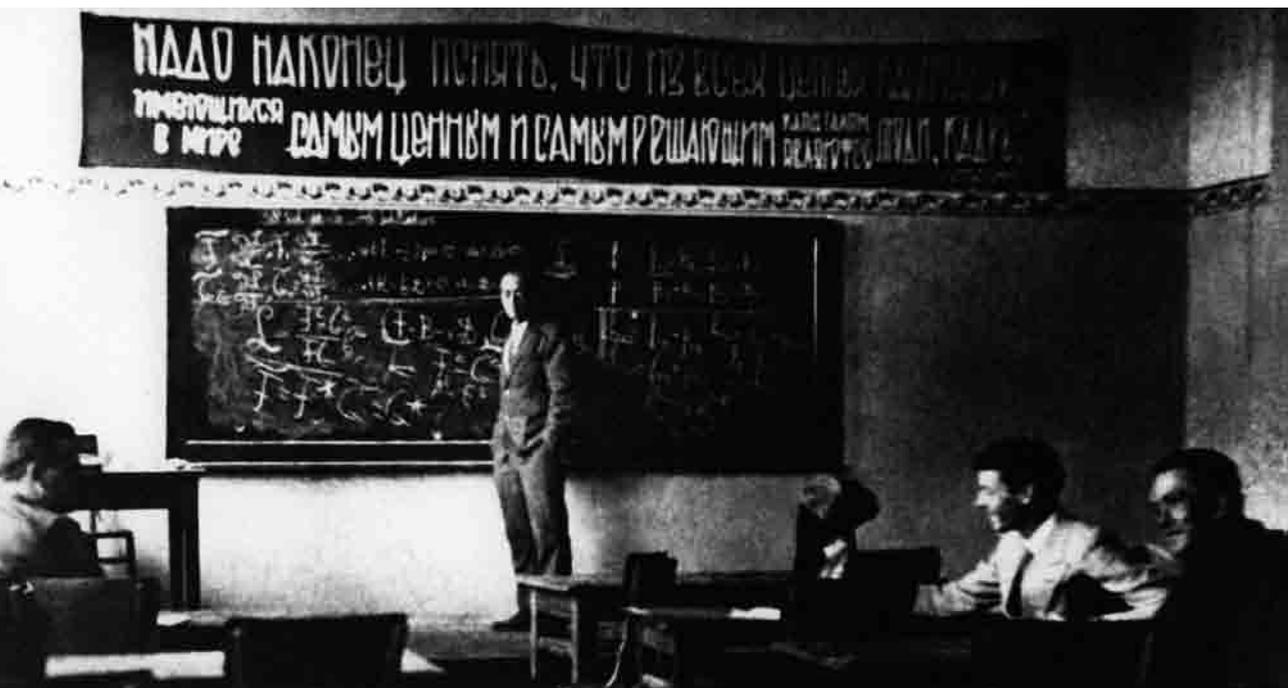


природу сверхпроводящего состояния с точки зрения зонной теории. Наиболее существенным оказался вклад Шубина в многоэлектронную теорию, о чем речь впереди.

Летом 1928 г. Семен Петрович женился на Любви Абрамовне Шацкиной, студентке физфака МГУ. Она происходила из зажиточной еврейской семьи. Её старший брат Лазарь Шацкин стал одним из основателей и руководителей комсомола. В 1919 – 1921 гг. он был первым секретарём Коммунистического интернационала молодёжи, председательствовал на заседании Третьего съезда ВЛКСМ, когда Ленин объяснял, что значит «учиться коммунизму». В конце 1920-х гг. Шацкин пытался бороться против установившейся диктатуры Сталина, вследствие чего в 1937 г. его казнили.

Счастливые годы жизни Шубина в Москве оказались оборваны, 7 ноября 1927 г. была разогнана демонстрация под троцкистскими лозунгами, в которой участвовало очень много комсомольцев МГУ, в том числе Шубин. Эти молодые люди оказались едва ли не последней надеждой Троцкого в решительном столкновении со Сталиным, происшедшем в тот день. Семёна Петровича исключили из комсомола, а в ноябре 1928 г. арестовали.

После месяца тюрьмы Шубина сослали на поселение в Ишим (нынешняя Тюменская область). Там он продолжал работать в области физики, занимался переводами научной литературы. Затем ему разрешили работать корреспондентом многотиражной газеты на строительстве Магнитогорского металлургического комбината – это был способ получить реабилитацию. На Магнитке, живя в тяжелейших условиях, Шубин заразился сыпным тифом и лишь чудом не умер. Наверное, можно сказать: для него это была генеральная репетиция смерти.



С.П. Шубин (у доски) на семинаре теоретической группы. Середина 1930-х гг.

В 1932 г. Шубин, благодаря хлопотам Я.Г. Дорфмана и по представлению А.Ф. Иоффе, в составе «десанта» молодых физиков был направлен в Свердловск – для создания на Урале теоретической физики. С этой задачей он справился блестяще. Шубин был не только высококвалифицированным ученым, но и талантливым педагогом, общительным и очень светлым человеком. Обладая высокой культурой (не только научной, но и гуманитарной), Семен Петрович щедро делился



С.В. Вонсовский, М.И. Сергеев, С.П. Шубин

своими знаниями с сотрудниками, которые были чуть младше его по возрасту. Его замечательные лекции, к которым он тщательно готовился, были в центре жизни теоретического отдела Уралфизтеха и факультета Уралфизмеха.

Важнейшую роль в создании теоротдела сыграло сотрудничество С.П. Шубина с С.В. Вонсовским – молодым выпускником Ленинградского университета. Вскоре стали появляться их общие статьи по полярной модели металлов. Шубин не прерывал и общения с коллегами и друзьями из Москвы и Ленинграда, часто ездил на конференции (в это время лекции не прервались – его заменял Вонсовский), спешил сделать как можно больше.

...Параллельно с полярной моделью была начата разработка другой – так называемой теперь s-d- или s-f-обменной модели переходных металлов, которая родилась у Семёна Петровича во время его устной дискуссии с Л.Д. Ландау (его С.П. очень уважал и ценил). Эту модель я с моими сотрудниками заканчивал разрабатывать, когда Семёна Петровича уже не было среди нас. (С.В. Вонсовский. Слово об учителе и друге в книге [1]).

Многие научные идеи остались нереализованными, работы – незаконченными: Шубин был снова арестован как троцкист.

Приказ № 61 по Уральскому физико-техническому институту от 27 апреля 1937 года.

Заведующего Теоретической группой С.П. Шубина отстранить от занимаемой должности с сего числа как активного участника вредительской контрреволюционной троцкистской банды, как врага народа...



С.В. Вонсовский, С.П. Шубин, Л.А. Шубина

Этот приказ был вынужден подписать директор М.Н. Михеев, который не мог спасти Шубина, но затем много сделал для его семьи и не допустил разгрома отдела теоретической физики.

Вонсовский, живший в одном доме с Шубиным, был понятным при его последнем аресте. Уходя, Семён Петрович обернулся к своему другу и сказал: «Надеюсь, Вы не забудете их». У него оставались жена Любовь Абрамовна и двое детей, а третий ребёнок должен был вскоре родиться. Все заботы о семье безвременно погибшего друга и учителя взял на себя Вонсовский. Он счёл своим долгом оставить приёмным детям фамилию и национальность их отца.

В камере Семён Петрович всячески поддерживая дух заключённых, читал для них популярный курс физики, стихи: «Евгения Онегина» (которого знал наизусть), Блока...

От людей, которые сидели с Семеном Петровичем в одной камере, а потом появились на свободе, мы узнали, как мужественно он вел себя в заключении. Всем своим поведением он стремился влить в души товарищей по несчастью бодрость и спокойствие. Он читал популярные лекции по физике, стихи... Даже в тюрьме, когда люди в камере могли только по очереди отдыхать, лежа на голлом полу, он занимался наукой. (С.В. Вонсовский. Слово об учителе и друге, в [1]).

В 1938 г. Шубин был отправлен в концлагерь на Колыме, где здоровье его быстро пошатнулось. Вскоре его, тридцатилетнего великого физика, не стало. Слух о смерти знаменитого профессора Шубина быстро и широко разнесся по колымскому краю – от лагеря к лагерю.

В 1991 г. была издана книга [1], посвященная жизни и научным трудам С.П. Шубина (там есть и подробная библиография). Вонсовский послал ее Е. Боннэр – вдове А.Д. Сахарова. 3 мая 1992 г. она ответила: «Глубокоуважаемый Сергей Васильевич! Благодарю Вас за книгу. Разумеется, я много слышала от Андрея о Семене Петровиче и очень рада, что эта книга будет стоять рядом с книгами Игоря Евгеньевича...».

И.Е. Тамм (в своё время он тоже прошёл через политику: был меньшевиком-интернационалистом, делегатом Первого съезда Советов) старался сохранить память о любимом ученике. В 1953 г. он писал родным Шубина:

...Во-первых, я всегда считал его самым талантливым не только из моих учеников – а я ими избалован, – но из всех наших физиков, по своему возрасту соответствующих моим ученикам.

Только в последнее время появился Андрей Сахаров. Трудно их сравнивать и потому, что времени много ушло, и потому, что научный склад у них разный, и потому, что Сахаров полностью сосредоточивает все свои духовные силы на физике, а для С.П. физика была только «*prima inter pares*», – и поэтому можно только сказать, что по порядку величины они сравнимы друг с другом...

Как показали дальнейшие события, Игорь Евгеньевич оказался совсем не прав в отношении пути Сахарова...

Разумеется, трагическая судьба С.П. Шубина не была и не могла быть в советской науке единственной: её повторили многие учёные, преимущественно молодые. Например, как ни вспомнить о работавшем в Ленинградском университете

Матвее Петровиче Бронштейне (1906–1938 гг.) – гениальном физике и талантливом детском писателе-популяризаторе. Его пути пересекались с Шубиным – они вели полемику о законе сохранения энергии [1].

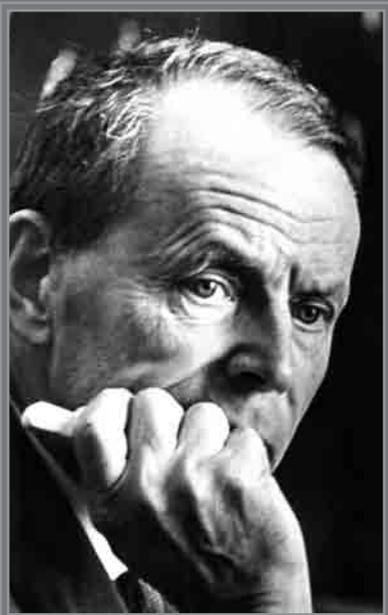
Не может не вспомниться здесь и судьба Льва Давидовича Ландау (1908–1968 гг.), который был примерно на год младше Шубина и на год старше Вонсовского. Он тоже прошёл через увлечение левым марксизмом. В апреле 1938 г. его арестовали, причём одного из очень немногих – за реальное противостояние советской власти: Лев Давидович принимал непосредственное участие в подготовке листовки, призывающей к свержению сталинского режима и предназначенной для распространения на Первомай. В тюрьме Ландау провёл целый год и был освобождён только благодаря письму Нильса Бора и поручительству С.П. Капицы.

Работы Шубина заложили основы многоэлектронной теории твёрдого тела. Его идеи остались недооценёнными, через много лет они переоткрывались и развивались за рубежом. Однако ничего не пропадает даром. Полвека спустя концепции многоэлектронной модельной физики пережили второе рождение в связи с открытием новых веществ с необычными свойствами, таких как высокотемпературные сверхпроводники, органические проводники, решетки Кондо, системы с тяжёлыми фермионами...

*В.Ю. Ирхин*

### **Список литературы**

1. Шубин С.П. *Избранные труды по теоретической физике* / под ред. С.В. Вонсовского и М.И. Кацнельсона. Свердловск: УрО АН СССР, 1999. 376 с.
2. Вонсовский С.В. *Воспоминания*. Екатеринбург, 1999. 312 с.
3. Вонсовский С.В., Леонтович М.А., Тамм И.Е. Семен Петрович Шубин // УФН. 1958, Т. 65, № 4, С. 734.



---

# Сергей Васильевич ВОНСОВСКИЙ:

## МАГНЕТИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Сергей Васильевич Вонсовский (1910–1998 гг.) стоял у истоков создания Института физики металлов в Свердловске, а также всей уральской научной школы по квантовой теории твердого тела и физике магнитных явлений.

С.В. Вонсовский родился и провел детство в Ташкенте. Он происходил из семьи с богатыми духовными традициями.

Сергей Васильевич с трогательным вниманием и заботой относился к матери и отцу. В своих «Воспоминаниях» он напишет:

Я всем, что во мне есть доброго и хорошего, обязан прежде всего моим родителям, которые и были моими первыми учителями. Огромную роль здесь играли их добрый пример, внимательное неформальное отношение к детям. Это всё так важно... Не было бездумного баловства, а был ежедневный, ежечасный пример трудолюбия, честности, великой ответственности за каждую мелочь.

Его мать, Софья Ивановна, происходила из старинного обедневшего дворянского рода Гильдебрандтов; дедушка по материнской линии был земским врачом. Отец, Василий Семенович, был из большой и крепкой крестьянской семьи. По окончании гимназии и физико-математического факультета Московского университета он отправился учить детей физике и математике в Туркестан, где стал директором Ташкентской женской гимназии (переименованной после революции в школу имени Песталоцци). Василий Семёнович был активным членом Партии народной свободы (кадеты), лично знакомым с её лидером П.Н. Милюковым.

Софья Ивановна, сама прекрасная пианистка, мечтала сделать из сына музыканта. Все-таки Сережа пошел по пути отца, выбрав физику, и никогда не жалел об этом. «Физика – мать всех наук», – любил шуточно повторять он, будучи уже известным ученым. Но классическая музыка сопровождала его всю жизнь. Он сам играл на фортепьяно (этому он учился в детстве), пробовал сочинять.

---

С.В. Вонсовский окончил Ленинградский университет в 1932 г. Он благодарно вспоминал В.И. Смирнова, О.Д. Хвольсона, Ю.А. Крутикова, В.А. Фока, П.И. Лукирского и других своих преподавателей в ЛГУ. После окончания учебы был направлен в Свердловск – в Уральский физико-технический институт, где приступил к работе под руководством молодого профессора Шубина, ставшего для него главным учителем. Семен Петрович Шубин (1908–1938 гг.), ученик Л.И. Мандельштама и И.Е. Тамма, с отличием закончивший в 19 лет МГУ, уже успел отбыть первую ссылку за участие в троцкистской деятельности.

Скоро появились общие статьи Шубина и Вонсовского по полярной модели, предложенной как синтез гомеополярной модели Гейзенберга, описывающей систему локализованных моментов, и метода Слэтера для описания электронной системы металла [1–3]. Эти пионерские работы по многоэлектронной физике твердого тела были опубликованы в престижном журнале английского Королевского общества и в харьковском журнале «Phys. Zs. UdSSR» на немецком языке. Тем не менее они остались во многом недооценёнными, в каком-то смысле опередив свое время.

В 1937 г. Шубин был арестован и вскоре погиб на Колыме. Вонсовский, которому тогда было 28 лет, взял на себе все заботы о семье безвременно погибшего друга и учителя, что стало главным подвигом его жизни. После гибели Семёна Петровича он зарегистрировал брак, в котором состоял более 40 лет. Вряд ли бы удалось выстоять без поддержки М.Н. Михеева – многолетнего директора ИФМ, который сам не избежал временного снятия с должности за принципиальную позицию. И самого Вонсовского увольняли из ИФМ, но здесь помог Р.И. Янус, на несколько месяцев взявший его к себе в экспериментальную лабораторию.

С 1939 г. С.В. Вонсовский – заведующий отделом теоретической физики ИФМ, затем заместитель директора. В военное время, выполняя оборонные заказы вместе с Р.И. Янусом, Сергей Васильевич работал в Нижнем Тагиле. Домой приезжали только на выходные, часто привозя с собой так необходимую для жизни картошку. Полностью истощенный, Сергей Васильевич отлеживался, почти все время дремал. Вся семья жила в одной комнате – остальные были заняты эвакуированными. Его первой наградой был орден Красной Звезды, которым он очень дорожил.

После войны жизнь постепенно налаживалась и смягчалась. Тогда институт располагался на краю города, дальше уже начинался лес. Жизнь была интересная. Сотрудники там же разводили огороды, их дети собирали лук, приносили на обед в институтскую столовую...

При активном участии Вонсовского в ИФМ были начаты работы по нейтрографии, физике низких температур, радиационной физике, теории дислокаций.

Мировое признание получили его труды в области квантовой теории твёрдого тела, многоэлектронной теории металлов и полупроводников, теории ферро- и антиферромагнетизма, сверхпроводимости. В 1946 г. Вонсовский предложил



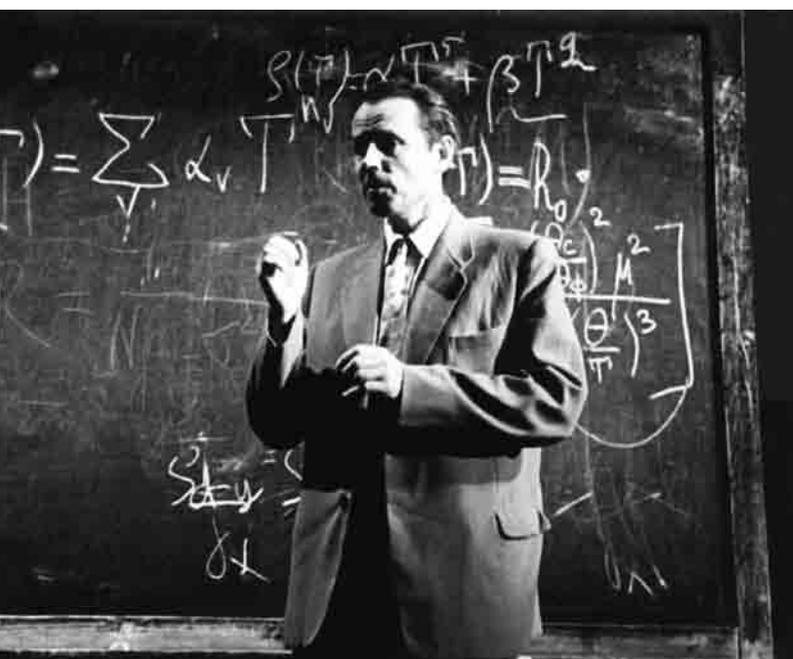
В студенческие годы

$s$ - $d$ -обменную модель [4–5], основанную на совместных обсуждениях с Шубиным. Она до сих пор играет огромную роль в физике переходных и редкоземельных металлов, а также их соединений (например так называемых «систем с тяжелыми фермионами», которые сейчас интенсивно изучаются). Удивительно плодотворной  $s$ - $d$ -модель оказалась и для магнитных полупроводников. В дальнейшем близкие представления были использованы для теоретического описания магнитов с гигантским магнитосопротивлением на основе  $\text{LaMnO}_3$ .

В последнее время в зарубежной физической литературе  $s$ - $d$ -модель часто именуется моделью решеток Кондо. Такая историческая несправедливость связана с исключительной важностью эффекта Кондо – пожалуй, самого красивого явления в физике твердого тела. Тем не менее сам Кондо, исследуя аномалии магнитного  $s$ - $d$ -рассеяния, исходил из гамильтониана в представлении вторично квантования, который был предложен Вонсовским и Туровым [6].

Вместе с учениками и коллегами С.В. Вонсовский развил теорию ферромагнетизма сплавов, магнитной анизотропии и магнитострикции. Цикл его работ относится к теории сверхпроводимости в переходных металлах и сплавах, проблеме сосуществования ферромагнетизма и сверхпроводимости. Фундаментальная монография «Магнетизм» стала настольной книгой физиков нескольких поколений и была переведена на многие языки. Широко известны в стране и за рубежом и другие его монографии: «Ферромагнетизм», «Современное учение о магнетизме», «Сверхпроводимость переходных металлов», «Квантовая физика твердого тела»...

С 1947 г. С.В. Вонсовский – профессор Уральского университета, где он много лет читал лекции по квантовой механике, физике твердого тела и теории магнетизма; в течение ряда лет заведовал кафедрой теоретической физики.



На лекции в Уральском госуниверситете

Являясь ведущим специалистом-магнитологом в нашей стране, С.В. Вонсовский по праву был председателем Научного совета по магнетизму в АН СССР в течение 30 лет. Под его руководством были организованы крупные советские и международные конференции по магнетизму. Он тесно общался со многими крупными зарубежными учеными.

Сергей Васильевич был основателем знаменитой «Коуровки» – зимней школы физиков-теоретиков, которая проходит на Урале с 1960 г. и известна теплой и демократичной атмосферой.

Сергей Васильевич был большим патриотом Урала



50-летие С.В. Вонсовского, 23 ноября 1960 г.

и родного ИФМ, он даже не допускал мысли уехать на работу в Москву. С момента образования Уральского научного центра (1971 г.) по 1985 г. Вонсовский – председатель президиума УНЦ АН СССР.

Журнал «Физика металлов и металловедение», созданный по инициативе Сергей Васильевич в 1955 г. (он был его бессменным главным редактором), стал по-настоящему всесоюзным. Доброжелательное отношение и широта научной тематики привлекали читателей и авторов. Вонсовский до конца жизни регулярно присутствовал на еженедельных заседаниях редколлегии, вникал во все проблемы журнала.



Редколлегия журнала «Физика металлов и металловедение», 1977 г.



Герой Социалистического труда,  
1969 г.

За научную и общественную деятельность С.В. Вонсовский был отмечен многими правительственными наградами: орденами Ленина (трижды), Красной Звезды, Трудового Красного Знамени (дважды) и званием Героя социалистического труда (1969 г.). Он лауреат Государственной премии СССР (1975, 1982 г.), Золотой медали имени С.М. Вавилова (1982 г.), Демидовской премии (1993 г.), являлся членом германской и польской Академий наук. Сергей Васильевич – почетный гражданин г. Свердловска. Он был депутатом Свердловского горсовета (1955–1959 гг.) и Верховного Совета РСФСР (1963–1971 гг.).

Важнейшим личным качеством Сергея Васильевича была доброта: он был просто физически не способен причинить человеку боль отказом, когда его о чем-то просили. В советское время он много помогал своим коллегам и ученикам – не только способствуя решению материальных проблем, но и морально, «прикрывая» своим колоссальным авторитетом, защищая от давления власти.

Административные и депутатские обязанности оставляли С.В. мало времени на занятия наукой (и тем более свободного времени), но вход в его кабинет был всегда открыт для учеников. Разговаривать с ним было легко и просто – он был внимателен к любому собеседнику, независимо от его должностей и регалий.

Известна деликатность Сергея Васильевича, его рыцарское отношение к женщинам, которые всегда отвечали ему любовью. Он был гостеприимным хозяином



С.В. Вонсовский в окружении учеников малой академии, 1970-е гг.

ном, любил пошутить, рассказывал анекдоты, всегда милые и старомодные. Он очень ценил поэзию, во все поездки брал с собой тетрадку с выписанными стихами. Когда она становилась потрепанной – переписывал, и так несколько раз. Любил читать наизусть стихотворение «Заблудившийся трамвай» Гумилева – тогда поэта почти запрещенного, мало кому известного. В архивах сохранилось несколько его собственных стихов, написанных в 1930-е гг. Вот одно из них.

### Рассвет

Я стоял на холме  
И ловил восходящего солнца лучи!  
Сколько радости в них,  
Как ликует земля,  
Освещенная солнцем лучами.  
Я стоял на холме  
И смотрел, – как огненно-пламенный шар,  
Выходило оно из-за гор,  
И дыхание жизни повсюду прошло...  
Лишь на западе, там вдалеке,  
В дымке тумана сырого,  
Светом веселой зари побежденные,  
Мрачные сумерки,  
Вестники ночи былой – уходили...  
Я стоял на холме  
И ловил восходящего солнца лучи,  
И приветствовал жизни ликующий день!

В 1990-е гг. С.В. Вонсовский все больше внимания отдавал гуманитарной деятельности. Он был одним из основателей, ректором и почетным президентом Гуманитарного университета в Екатеринбурге, сам читал лекции.

Последние годы жизни Сергей Васильевич посвятил работе над своими воспоминаниями [7–8] и учебником «Современная естественно-научная картина мира» [9]. Несмотря на ослабевшее зрение и постоянные сильные боли, упорно работал, не жалея сил, которых оставалось немного. Первоначально он планировал написать учебное пособие по естествознанию для Гуманитарного университета. Но книга быстро вышла за



С.В. Вонсовский и Б.Н. Ельцин, 1982 г.



С.В. Вонсовский и П.Л. Капица



С.В. Вонсовский за роялем.  
Справа Г.Г. Талуц, слева Ю.М. Плишкин

эти рамки: он чувствовал необходимость передать не только свои знания физики, но и культурные традиции своего поколения.

С.В. Вонсовский сумел увлекательно, но не снижая уровня, изложить многие сложные концепции современной физики: фундаментальные симметрии, проблему «великого объединения» всех взаимодействий, теории суперсимметрии и суперструн... «Картина мира» важна и как свидетельство духа безвозвратно уходящего времени, образец классического стиля физики XIX–XX века.

Магнетизм Сергея Васильевича притягивал к нему людей; около него всегда было много молодежи. Он воспитал большое число учеников, которые отвечали ему взаимной любовью; многие из них сами достигли академических высот. Встречи с этим прекрасным и обаятельным человеком навсегда оставались в памяти.

*В.Ю. Ирхин*

### Список литературы

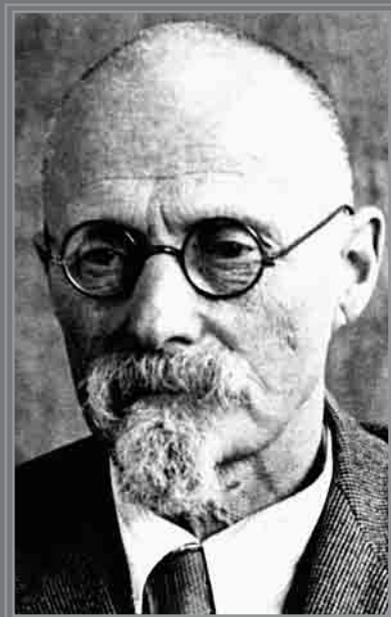
1. Schubin S., Wonsowsky S. *On the electron theory of metals* // *Proc. Roy. Soc.*, 1934, Vol. A145, P. 159-180.
2. Schubin S., Wonsowsky S. *Zur Elektronentheory der Metalle. I* // *Zs. Sow. Phys.*, 1935, Vol. 7, P. 292-328.
3. Schubin S., Wonsowsky S. *Zur Elektronentheory der Metalle. II* // *Zs. Sow. Phys.*, 1936, Vol. 10, P. 348-377.
4. Вонсовский С.В. *Об обменном взаимодействии s и d-электронов в ферромагнетиках* // *ЖЭТФ*, 1946, Т. 16, С. 981.
5. Вонсовский С.В. *Магнетизм*. М.: Наука, 1971. 1032 с.
6. Вонсовский С.В., Туров Е.А. *Об обменном взаимодействии валентных и внутренних электронов в кристаллах (s-d – обменная модель переходных металлов)* // *ЖЭТФ*, 1953, Т. 24, С. 419-428.
7. Вонсовский С.В. *Воспоминания*. Екатеринбург, 1999. 312 с.
8. Вонсовский С.В. *Магнетизм науки. Воспоминания. Ч. II*. Екатеринбург, 2010. 356 с.
9. Вонсовский С.В. *Современная естественно-научная картина мира*. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 680 с.

---

# Памяти Сергея Самойловича ШТЕЙНБЕРГА

Советская металлургическая наука понесла тяжелую утрату. 7-го сентября 1940 г. в Москве скончался член-корреспондент Академии наук СССР, доктор технических наук, профессор-орденоносец Сергей Самойлович Штейнберг.

С.С. Штейнберг родился в 1872 г. в Москве в семье врача-психиатра. По окончании средней школы он некоторое время занимался общественно-философскими науками. В 1902 г. поступил в Фрейбергскую Горную академию. Окончив ее в 1906 г., работал мастером мартеновского цеха Юрезанского завода, а с 1909 по 1919 г. на Мотовилихинском заводе (ныне завод им. В.М. Молотова в г. Молотове<sup>1</sup>) начальником Металлографической лаборатории. Здесь он осуществляет новый способ использования электронагрева для плавки металлов, являясь изобретателем особого типа печи, известной под названием электропечи Штейнберга и Грамолина. С 1920 по 1925 г. он заведует Электромеханическим отделом Треста Уралмет в г. Златоусте. В 1925 г. С.С. Штейнберг занял должность профессора Уральского политехнического института (ныне Уральский индустриальный институт им. Кирова<sup>2</sup>) в Свердловске, где и работал в качестве заведующего кафедрой металловедения и термической обработки стали до конца жизни. В 1927 г. он принимает деятельное участие в организации Уральского научно-исследовательского института черных металлов и на протяжении более чем 10 лет руководит работой Лаборатории металловедения этого института. С 1932 г. Сергей Самойлович работает также в Уральском филиале Академии наук СССР, будучи одним из его основателей, вначале в качестве заведующего Лабораторией металловедения, а с 1939 г. и в качестве директора Института металлургии, металловедения и металлофизики. В 1934 г. постановлением Комитета по делам Высшей школы ему была присуждена ученая степень доктора техни-



---

<sup>1</sup> Так с 1940 по 1957 г. назывался г. Пермь

<sup>2</sup> Так с 17.12.1934 по 20.02.1948 г. назывался УрФУ им. Первого президента РФ Б.Н. Ельцина

---

ческих наук без защиты диссертации, а осенью 1938 г. он был избран в члены-корреспонденты Академии наук СССР по отделению технических наук.

Более 30 лет жизни отдал Сергей Самойлович развитию науки и промышленности Урала. Как многие выдающиеся русские ученые, он вышел из среды заводских работников. Когда-то скромный цеховой мастер, трудом и талантом он достиг высокого положения в науке, став главой Уральской школы исследователей-металловедов и термистов, признанным авторитетом по вопросам термической обработки стали. Этот славный путь ученого от цеха до Академии наук нельзя оторвать от общего развития нашей науки и страны за этот период. Подлинный расцвет научной деятельности Сергея Самойловича мы видим уже после Великой Октябрьской революции, когда началась социалистическая реконструкция освобожденного Урала. Россия – родина металлургии, но в дореволюционное время не было и десятка металлургических лабораторий и единицами считались ученые-металловеды. За годы Советской власти выросли сотни таких лабораторий на старых и новых заводах, десятки специализированных институтов, тысячи исследователей.

В дореволюционный период исследовательская деятельность Сергея Самойловича ограничивается отдельными наблюдениями над поведением металла в заводской практике, но уже с 1909 г. мы встречаем в научно-технических журналах его статьи по различным вопросам металлургии. В 1925–1927 гг. литературная деятельность Сергея Самойловича посвящена, главным образом, популяризации достижений заграничной техники, но в этот же период появляются его более крупные работы. Внимание Сергея Самойловича в начале этого периода привлекают вопросы электрометаллургии. Он печатает ряд статей, посвященных ведению плавки, качеству электростали, гидроресурсам Урала, и налаживает производство ферросплавов на заводе Пороги. В 1927 г. в докладе на съезде мартеновцев он отчетливо формулирует понятие о природном (не обнаруживаемом химическим анализом) качестве стали, развернутое им значительно позднее в цикл работ по проблеме зерна. Закалка инструментальной стали, сопутствующие ей пороки и борьба с ними также привлекают его внимание. В работе, относящейся к 1926 г., он дает глубокий анализ влияния перегрева и значения отжига инструментальной стали на зернистый цементит. Впоследствии проблема закалки стали была развернута им в огромный цикл работ по превращениям аустенита, широко известных не только в СССР, но и за границей. Его внимание привлекала уже в то время проблема прочности стали (вопросы хрупкости рельс, 1927 г.). Только преждевременная смерть помешала ему развернуть едва начатый цикл работ, посвященных механизму излома.

Основная черта устных и печатных выступлений Сергея Самойловича в этот период – это мысль о необходимости экспериментально-исследовательской работы. В небольшой статье «О пудлинговом железе» (Вестник промышленности, 1930) он писал: «Наши сведения о металлургических процессах, имеющих место при производстве железа и стали, недостаточны и требуют уточнения. Единственный путь – научно-исследовательская экспериментально-лабораторная работа, базирующаяся на общих законах физики и химии». Можно сказать, что вся последующая и организационная, и пропагандистская, научная деятельность Сергея Самойловича была посвящена осуществлению этой программы. В 1929 г. он принимает руководящее участие в практическом освоении производства электротехнического металла на Верхисетском заводе. Эта работа Сергея Самойло-

вича получила высокую оценку Правительства – в 1931 г. он был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

К этому же времени (1929–1930 гг.) относится начало интенсивной разработки проблемы превращений аустенита. Цель металлографии – изучить связь между структурой и разнообразными механическими, физическими и химическими свойствами металла, чтобы научиться управлять ими через посредство изменений структуры. Между тем, обычные равновесные диаграммы ничего не говорят точно о характере структуры сплавов, определяя лишь их количественный состав при разных температурах. Структура определяется не только составом и взаимным количественным отношением отдельных ее компонентов, но, не в меньшей мере, и характером и скоростью их кристаллизации. Практически эта кристаллизация почти всегда происходит в условиях некоторого переохлаждения. Поэтому изучение явлений переохлаждения аустенита, его превращений, а также кристаллизации феррита и цементита в условиях переохлаждения является необходимой ступенью в развитии теории термической обработки в целях приближения этой теории к реальным процессам, имеющим место в стали при охлаждении и нагреве. Изучение кинетики превращений аустенита в зависимости от степени его переохлаждения является необходимым основанием для понимания явлений переохлаждения и овладения ими, а через них – образованием той или иной структуры, а следовательно, и свойствами металла.

Как работы Чернова, Осмонда, Розебума дали основы понимания равновесных реакций в сплавах железа с углеродом, так работы по превращению переохлажденного аустенита дали основы практике термической обработки этих сплавов. Вот почему сам Сергей Самойлович характеризовал содержание этих исследований как разработку новых основ термической обработки стали.

Естественно, что центральным вопросом этой проблемы является вопрос о закалке стали. Старая металлография, основываясь на представлении о пассивных сопротивлениях, рассматривала процесс закалки как фиксацию с помощью быстрого охлаждения определенных стадий распада переохлажденного твердого раствора на его составные части. Полная фиксация аустенита, с этой точки зрения, являлась лишь вопросом осуществления необходимой скорости охлаждения. Более медленное охлаждение дает различные стадии его распада. Классические исследования Портевена, Гарвэна, Шевенара в 20-х гг. нашего столетия в сущности не поколебали старых представлений. Признаки новой более сложной схемы этих явлений проглядывали и в последующих исследованиях Френча и Клопша, Матсушита, Бейна, Андрию, Фишера и Робертсона и в значительно более ранних работах отдельных ученых (Чапен). Но наиболее резким толчком к пересмотру старых представлений несомненно явилась знаменитая работа Льюиса о превращениях аустенита в стали с 0,8% С, появившаяся в 1929 г., основное значение которой, впрочем, заключалось не столько в найденных уже фактах, сколько в открывшихся возможностях исследования и в методе (изотермический метод). Сергей Самойлович явился в СССР пионером изучения этих вопросов, и можно сказать, что, начиная с 1929 г., он вел интенсивную, основанную на широком экспериментальном материале, борьбу за новые представления: закалка не есть простая фиксация определенных стадий распада аустенита, а более сложное явление, слагающееся из диффузионных (переохлаждающихся) и бездиффузионных (непереохлаждающихся)

ся) процессов. Старая схема Портевена и Гарвэна была пересмотрена и решительно исправлена. Центральным местом новой схемы явилось признание специфичности мартенситного процесса, не уловленной, в частности, в пользующейся заслуженной известностью работе Дэвенпорта и Бейна и, как это ни странно, до сих пор недостаточно учитываемой отдельными исследователями.

На протяжении 10 лет в УИИ и УФАН под руководством Сергея Самойловича велась интенсивная работа по изучению влияния различных факторов на превращения переохлажденного аустенита. Подробно была исследована кинетика и структурные формы изотермического распада и мартенситного превращения аустенита в углеродистых сталях (А.И. Стрегулин), влияние скорости охлаждения на положение мартенситной точки (С.С. Гутерман), ход мартенситного процесса в широком интервале температур от  $A_{r1}$  до  $-180^{\circ}$  (М.М. Бигеев), условия сохранения остаточного аустенита при закалке (В.И. Зюзин) и методы регулирования его количества (В.Д. Садовский), влияние температуры исходного нагрева и величины зерна, а также пластической деформации на изотермический и мартенситный процесс (К.А. Малышев, С.С. Носырева). Впервые было исследовано и влияние всестороннего гидростатического давления на превращение аустенита в мартенсит (С.С. Носырева, М.М. Бигеев). Систематически было изучено влияние основных легирующих элементов на кинетику изотермического распада, положение мартенситной точки, количество остаточного аустенита и распад его при отпуске (В.И. Зюзин). Влияние всех перечисленных факторов изучалось с точки зрения их действия на оба основных типа превращения: изотермическое и мартенситное. Изучена была и взаимосвязь этих двух типов превращения, физические и механические свойства продуктов распада аустенита при различных температурах, процессы распада аустенита и мартенсита при отпуске (В.И. Зюзин, А.И. Стрегулин, В.Я. Зубов), соотношение кинетики распада переохлажденного аустенита при закалке и остаточного аустенита при отпуске и связь последнего процесса с наблюдающимися при отпуске аномалиями вязкости (В.Д. Садовский, К.Н. Соколов). В многочисленных работах более прикладного характера подробно были изучены превращения аустенита в целом ряде промышленных марок стали. Принципиальным итогом этих работ явилась ревизия старых представлений и создание новой, простой и, как было показано в замечательных исследованиях Г.В. Курдюмова и его сотрудников, общей для целого ряда металлических систем схемы процессов, происходящих при закалке. Эта новая схема имеет прежде всего огромное педагогическое значение. Раскрывая детальную картину еще недавно одного из самых таинственных явлений – процесса закалки, она вооружает молодых инженеров научными методами управления технологическими процессами при термической обработке стали. Эти исследования, проведенные под руководством Сергея Самойловича, заключают узловые вопросы термической обработки, значение которых универсально. Но ряд достигнутых результатов имеет и более непосредственное практическое применение. Достаточно указать, что на их основании разработаны рациональные методы отжига легированных сталей, режимы охлаждения при закалке, направленные на устранение трещин, коробления и уменьшение деформации изделий, разъяснена природа так называемых «недеформирующихся» сталей, дан рациональный анализ действия различных охлаждающих сред и методы расчета критической скорости охлаждения, новые способы ступенчатой закалки и многократного отпуска быстрорежу-

щей стали и ее заменителей. Если в применении к обычной быстрорежущей стали многократный отпуск в ряде случаев приводит к существенному улучшению стойкости инструмента, то эффективное использование ее заменителей вообще нельзя себе представить без многократного отпуска. Даже в области борьбы с флокенами в стали закономерности изотермического распада аустенита нашли свое применение, позволяя сократить режимы отжига, предупреждающего образование флокенов. Изотермическая закалка в ряде случаев позволяет повысить механические свойства стали. То же самое может быть достигнуто регулированием количества остаточного аустенита при закалке. Еще далеко недостаточно используются найденные закономерности при разработке новых марок сталей, где они должны явиться основой для понимания роли отдельных легирующих элементов и для определения возможности их взаимозамены.

В процессе этих работ были твердо установлены некоторые чисто методические приемы исследования, оказавшиеся весьма плодотворными. Это прежде всего изотермический метод изучения процессов при закалке и отпуске, использованный Сергеем Самойловичем также и при изучении кинетики роста зерна в стали. Далее, разработан общий метод характеристики стали построением диаграммы кинетики изотермического распада аустенита, определением мартенситной точки (или всей мартенситной кривой) и количества остаточного аустенита и кинетики распада его при отпуске. Дополненная диаграммой роста зерна при нагреве и данными по кинетике распада мартенсита при отпуске (работы Г.В. Курдюмова), такая характеристика действительно дает почти исчерпывающую картину поведения стали при термической обработке. Широкое распространение нашли и применявшиеся в этих работах аппаратура и методы, доступные любой заводской лаборатории.

Значительно позднее, около 1936 г., была начата разработка другой важнейшей проблемы – проблемы зерна стали, хотя, как сказано выше, вопросы металлургического качества стали занимали Сергея Самойловича уже в начале его деятельности. В этом наиболее ярко проявилась характерная черта Сергея Самойловича как ученого – сознательное самоограничение и тенденция концентрировать силы по возможности на небольшом круге вопросов, группирующихся вокруг основной ведущей темы, каковой на протяжении ряда лет являлась тема «Аустенит и его превращения». Невозможно в пределах этой краткой статьи сколько-нибудь подробно охарактеризовать содержание работ по проблеме зерна, проведенных под руководством Сергея Самойловича (главным образом К.А. Малышевым, И.Н. Богачевым и Лушичевым), несмотря на их значение.

Методически эти работы характеризуются решительным отказом от применения метода определения зерна по Мак-Квэд-Эну. Вместо этого впервые было поставлено изучение кинетики роста зерна аустенита в широком интервале температур и выдержек. Наряду с отчетливым разграничением и характеристикой двух металлургических типов стали (крупно- и мелкозернистой) и роли добавок алюминия, ванадия и титана в их получении было изучено влияние на зернистую характеристику стали условийковки и термической обработки. Было показано, что в стали того и другого типов при перекристаллизации, независимо от исходной структуры, образуется всегда относительно мелкое зерно аустенита, и что различие крупно- и мелкозернистой стали заключается лишь в разной относительной устойчивости этого мелкого зерна при вы-

держке или повышении температуры нагрева. При каждой температуре в течение определенного времени мелкое зерно остается практически неизменным. Этот «инкубационный» период, за которым следует появление отдельных центров роста зерна, колеблется от минут до многих часов в зависимости от типа стали и температуры. Было показано, чтоковка оказывает сильное влияние на кинетику роста зерна, увеличивая чувствительность стали к перегреву, особенно в стали с алюминием. Влияние предварительной термической обработки оказалось различным для сталей мелко- и крупнозернистого типа; так, например, предварительный высокий перегрев улучшает зерновую характеристику стали с алюминием, но ухудшает крупнозернистую сталь, еще более усиливая ее склонность к росту зерна при нагреве. Было указано также на роль растворенных в металле газов и методов их удаления или связывания в целях получения стали с определенной зерновой характеристикой. Одним из практических выводов из этих работ является необходимость дифференцированного подхода к назначению режимов термической обработки сталей различного металлургического типа.

Проблема превращений аустенита и примыкающая к ней проблема зерна составили основное содержание работ Сергея Самойловича за последние 10 лет, но этим не исчерпывается его исследовательская деятельность. Выше уже отмечались его работы по улучшению качества трансформаторной стали. Он принимал также участие в освоении производства шарикоподшипниковой стали, под его руководством был проведен ряд работ по условиям образования неметаллических включений (И.П. Беренова), по старению закаленной стали, по механизму возникновения видманштетттовой структуры (В.Я. Зубов) и много других исследований. Число его печатных трудов превышает сотню. Он являлся автором широко известного трехтомного учебника по металлосведению. Один из виднейших наших металлосведов, проф. М.Г. Окнов, в своем отзыве о I и II томах этого труда писал: «Автор рассматриваемой нами книги – крупнейший специалист в области металлографии и термической обработки, известный своими работами далеко за пределами СССР. Его работы ... характеризуются крайней углубленностью разработки. Кроме того, автор – известный педагог - профессор... Неудивительно, что книга изобличает в ее авторе знатока своего предмета, в совершенстве владеющего им и с полной очевидностью излагающего самые трудные вопросы.....Достоинством книги является также исключительная ясность и простота ее изложения.....Существенным достоинством книги является полное отсутствие в ней догматизма. В ней нет, кажется, ни одного факта, который не был бы объяснен с точки зрения основных законов физики и химии и который приходилось бы принимать на веру».

Им был написан ряд популярных брошюр для мастеров и рабочих по самым разнообразным вопросам металлосудии («Электроспечь», «Высококачественный чугуи», «Трансформаторное железо», «Слиток стали», «Ферросплавы», «Отжиг и закалка стали», «Вредные примеси в стали», «Шарикоподшипниковая сталь»). Совсем недавно Ленинградским отделением НИТО металлосудов были изданы шесть его лекций по термической обработке для стаханосцев-термистосв.

Сергей Самойлович обладал крупным литературным талантом. Его печатные труды характеризуются исключительной простотой, ясностью и краткостью изложения. Он был активным деятелем НИТО металлосудов Востока, являясь членом правления общества и председателем Всесоюзной комиссии по борьбе с флоке-

нами в стали. Нельзя не упомянуть о многочисленных лекциях и докладах, прочитанных им на заводах, съездах, конференциях. Наконец, он вел огромную педагогическую работу в Уральском индустриальном институте. Утомителен уже только краткий и далеко неполный перечень его работ, а между тем это было сделано, главным образом, всего за 10 лет, человеком тяжело больным, вынужденным строго ограничивать свое стремление к труду, соблюдать суровый режим своих занятий. Смерть застигла его в расцвете деятельности, полным энтузиазма, поглощенным планами дальнейшей работы, составлением нового учебника по основам термической обработки, издательскими делами.

Сергей Самойлович оставил большое наследство, его труды и идеи еще долгое время будут служить в руках советских термистов оружием борьбы за улучшение методов обработки металла и качества изделий нашей социалистической промышленности.

Самое же главное – что это наследство не мертвое, оно будет расти и умножаться, так как он оставил самое ценное – кадры, которые с ним, под его руководством научились работать. Им были организованы три исследовательские лаборатории (в Уральском индустриальном институте, Уральском институте металлов, УФАН); количество его сотрудников и учеников исчисляется десятками. Они особенно глубоко чувствуют потерю своего руководителя. Уральская исследовательская школа под руководством Сергея Самойловича заняла не последнее место в семье советских термистов. Для его учеников и сотрудников – дело чести и дальше сохранить это место.

*В.Д. Садовский  
Металлург, 1940. № 11–12. С. 99–103*

Эта статья, переполненная горестными чувствами, была написана сразу после получения известия о кончине С.С. Штейнберга. В ней выражены чувства горечи утраты уважаемого человека, которые в то время переполняли людей, близко знавших Сергея Самойловича, работавших под его руководством. Но мало ли что было раньше. Нам хочется понять, почувствовать, как в настоящее время можно оценить роль С.С. Штейнберга в становлении и развитии металловедения на Урале. Понять, как воспринимали его роль ученики и соратники С.С. Штейнберга через 10, 15, 20 лет после его кончины. Забыли или не забыли они его, что они могут сказать о нём и его деятельности.

В дополнение к этой статье, написанной более 70 лет тому назад, следует заметить, что ученики и соратники С.С. Штейнберга успешно продолжили его начинания, несмотря на начавшуюся вскоре Великую Отечественную войну. Через несколько лет после её окончания встал вопрос об обобщении тех многочисленных новых результатов, которые были получены в эти годы. Уральские металловеды решили это сделать в виде коллективной монографии. В память об основателе уральской школы металловедов ей дали название «Металловедение», а на обложке и титульном листе значилась единственная фамилия – С.С. Штейнберг. Первоначально монография вышла в 1956 г. но вскоре понадобилось второе издание. Второй раз в переработанном виде она вышла в 1961 г. Её редакторами были И.Н. Богачёв и В.Д. Садовский. Среди авторов значились В.Я. Зубов, В.Д. Садовский, А.А. Попов, М.М. Штейнберг – люди, которые знали С.С. Штейнберга, работали под его руководством.

В монографии были не только обобщены многочисленные экспериментальные результаты, разбросанные по различным журналам. Она содержала много оригинального материала, превосходно скомпонованного в доступной для чтения форме. Многие годы эта книга служила учебником, научным пособием для студентов, аспирантов, инженеров, практикующихся в области металлостроения и термической обработки. Она не потеряла значения до настоящего времени, несмотря на появление большого количества подобных изданий.

Эта монография стала достойной памятью Сергея Самойловича Штейнберга, проработавшего как металлостроитель всю свою жизнь на Урале, создавшего ставшую известной во всем мире уральскую школу металлостроения.

Несмотря на произошедшие и происходящие изменения, связанные с формой государства, собственности, подчинённости и другие пертурбации, созданные трудами Сергея Самойловича сообщества ученых продолжают существовать и развиваться. Это и кафедры металлостроения и термообработки и физики металлов в Уральском политехническом институте (теперь УрФУ имени Б.Н. Ельцина), не потерявшие свои специальности при изменении названия института. Они по-прежнему выпускают квалифицированных инженеров металлостроителей-термистов для нужд нашей промышленности. Это и Институт металлов, который сохранился в «лихие 90-е годы» и продолжает помогать нашей уральской промышленности. Это и лаборатория физического металлостроения, которая, будучи одной из двух первых академических лабораторий на Урале, ещё при жизни и руководстве Сергея Самойловича объединилась с Уральским физико-техническим институтом, находящимся в подчинении Наркомата промышленности, образовав Институт физики металлов. Это крупнейший научный институт на Урале, а его первым директором после объединения был С.С. Штейнберг. Поэтому можно, перефразируя известный лозунг, сказать: дело Сергея Самойловича Штейнберга живёт и побеждает!

*В.М. Счастливец*

### **Список литературы**

1. Штейнберг С.С. Металлостроение / Под ред. И.Н. Богачева и В.Д. Садовского. Свердловск, 1961. 598 с.
2. Штейнберг С.С. Основы термической обработки стали / Ред. обработка И.Н. Богачева, С.Г. Гутермана, К.А. Малышева, В.Д. Садовского.- Свердловск-М.: Металлургиздат, 1945. 156 с.
3. Штейнберг С.С. Термическая обработка стали: Избр. статьи. – М.-Свердловск: Машгиз, 1950. 256 с.

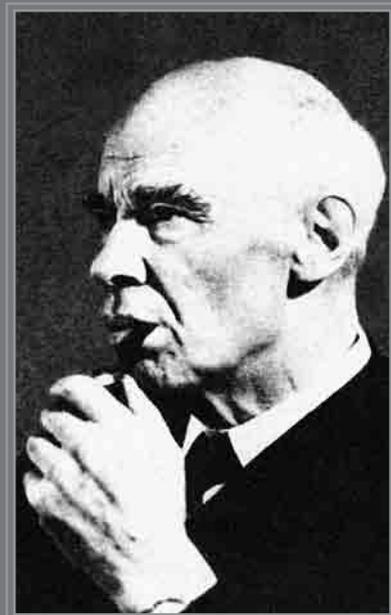
---

# Академик Исаак Константинович КИКОИН: 100 лет со дня рождения

28 марта 2008 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося физика, академика Исаака Константиновича Кикоина. Блестящий физик-экспериментатор, известный своими пионерскими работами в физике твёрдого тела, он принадлежал к плеяде учёных, которые с 1930-х годов определяли лицо физической науки в стране и сыграли решающую роль в формировании современного уровня физического образования. С первых дней становления Атомного проекта он был назначен научным руководителем одного из важнейших направлений, связанного с проблемой разделения изотопов урана. Успешному решению этой сложнейшей проблемы, приведшему к созданию уникальной промышленности, наша страна в существенной степени обязана И.К. Кикоину. Оставаясь на посту научного руководителя в течение 40 лет, он демонстрировал редкостное сочетание таланта учёного и инженера. Его научные достижения и заслуги перед страной отмечены многочисленными наградами. И.К. Кикоин дважды удостоен звания Героя Социалистического Труда, ему присуждены Ленинская премия и шесть Государственных премий, высшая награда Академии наук – Большая золотая медаль им. М.В. Ломоносова, он награждён семью орденами Ленина.

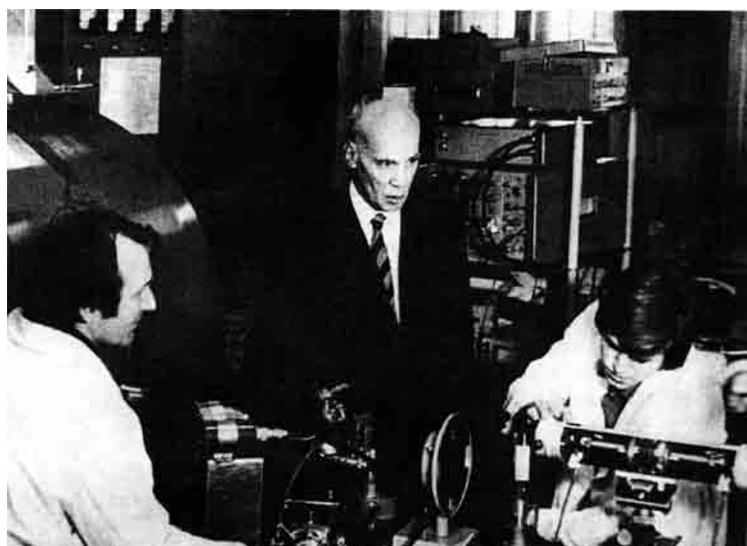
Родился И.К. Кикоин 28 марта 1908 г. в небольшом провинциальном городе Жагары, на территории нынешней Литвы, в семье школьного учителя математики. В 15 лет заканчивает школу, причём в последние годы он учился в одной из лучших школ Пскова. Здесь же поступает в землемерное училище. Окончив его, в 17 лет успешно сдаёт вступительные экзамены на физико-механический факультет Ленинградского политехнического института. В то время это был один из лучших факультетов в стране, дававший современное физическое образование в сочетании с инженерно-физическими аспектами. Факультет был тесно связан

---



с Ленинградским физико-техническим институтом (ЛФТИ). И неслучайно уже со второго курса И.К. Кикоин начинает работать в лаборатории этого прославленного института. Примечательно, что список его научных трудов открывают четыре работы, выполненные в то время, когда он был ещё студентом. Они посвящены изучению магнитных материалов – направлению, которое находилось в круге его интересов на протяжении всей последующей жизни.

После окончания Политехнического института в 1930 г. И.К. Кикоин остался работать в ЛФТИ. Это был период, когда квантовая механика и квантовая статистика стали активно применяться для описания явлений в физике конденсированного состояния. И здесь сразу же обнаружилось противоречие принципиального характера. Созданная А. Зоммерфельдом незадолго перед этим квантовая теория электропроводности металлов предсказывала, что эффект Холла в жидком металле должен по масштабу слабо отличаться от эффекта в нерасплавленном металле. Однако это предсказание оказалось в полном противоречии с экспериментальными результатами, полученными такими корифеями науки, как В. Нернст и П. Друде, которые обнаружили, что эффект Холла в жидких металлах вообще отсутствует. В серии очень искусных экспериментов, выполненных в 1931-1933 гг., И.К. Кикоин опроверг эти результаты и показал, что эффект Холла в жидком металле, как и сопротивление в маг-



И.К. Кикоин в лаборатории. Слева – С.Д. Лазарев, ученик И.К. Кикоина, справа – лаборант В.Я. Гончаров. Конец 1970-х гг.

нитном поле, полностью следует предсказаниям теории. Более того, он установил общую ошибку предыдущих измерений гальваномагнитных явлений в жидких металлах, которая связана с появлением конвекционного движения жидкости в магнитном поле. Именно понимание этого привело его к оригинальному выбору образца жидкого металла в виде тонкого слоя, что позволило подавить конвекцию. Выбор образца дополнялся удачным подбором металла (сплав натрия и калия), жидкого при комнатной температуре и крайне простого по свойствам. Эти работы И.К. Кикоина стали классическими в физике металлов.

В тот же период в фокусе его интересов оказалось и явление сверхпроводимости. В отсутствие теории, объясняющей природу сверхпроводимости, И.К. Кикоин попытался выявить общие свойства для всех металлов, демонстрирующих сверхпроводимость, по крайней мере при температуре перехода  $T > 1$  К. С этой целью он стал изучать такую характеристику этих металлов, как произведение постоянной Холла на электропроводность. В результате он нашёл, что для этой группы металлов указанное произведение существенно ограничено по величине. В простой теории металлов выбранная характеристика определяет подвиж-

ность. При этом измерение параметров велось при комнатной температуре, когда сопротивление практически зависит только от рассеяния электронов на фононах. Фактически найденный результат был экспериментальным свидетельством, по-видимому первым, связавшим сверхпроводимость с масштабом электрон-фононного взаимодействия. Интересно, что через 17 лет, в 1956 г., Дж. Бардин в широко цитируемой до сих пор работе, привёл критерий, совпадающий количественно с найденным И.К. Кикоиным.

Позднее, в те же 1930-е годы, И.К. Кикоин ставит уникальный эксперимент по измерению гиромагнитного отношения в сверхпроводниках, методически основываясь на эффекте Эйнштейна-де Гааза. Впервые было надёжно установлено, что диамагнетизм сверхпроводников определяется именно электронным током, а не спиновыми степенями свободы. Этот результат имел фундаментальное значение. Следует отметить, что потребовалось огромное экспериментальное мастерство, чтобы устранить возможные ошибки и гарантировать точность результата.

Параллельно с изучением свойств металлического состояния И.К. Кикоин начинает исследование полупроводников. Выбор темы был не случаен. Директор ЛФТИ А.Ф. Иоффе, которого И.К. Кикоин считал своим учителем, был одним из пионеров и энтузиастов этого направления в физике конденсированного состояния. И уже первое исследование привело И.К. Кикоина в 1933 г. к открытию совершенно нового явления – так называемого фотоэлектромагнитного (ФЭМ) эффекта, получившего в дальнейшем название эффекта Кикоина-Носкова (М. Носков был дипломником И.К. Кикоина).

Суть эффекта состоит в возникновении в освещаемом светом и помещённом в магнитное поле однородном полупроводнике электрического поля, направление которого перпендикулярно как магнитному полю, так и падающему лучу света.

Хотя геометрия эксперимента напоминает геометрию эффекта Холла, природа ФЭМ-эффекта оказывается заметно сложнее. Выясняется, что принципиальным является рождение электрон-дырочных пар при поглощении света, и как следствие - наличие одновременно двух диффузионных токов носителей разного знака. Хотя суммарный ток в направлении падения света равен нулю, магнитное поле «растаскивает» оба диффузионных тока в противоположных направлениях, создавая электрическое поле ФЭМ-эффекта. Тот факт, что величина эффекта, кинетического по своей природе, зависит от целого ряда существенных параметров, превратило открытый эффект в один из специальных методов измерения параметров полупроводников. Продолжая в те же годы детальное исследование ФЭМ-эффекта в поликристаллических образцах, И.К. Кикоин обнаруживает новое явление: возникновение при определённых условиях электрического поля, знак которого не зависит от направления магнитного поля (так называемый чётный ФЭМ-эффект).

Война, а с 1943 г. всепоглощающее участие в Атомном проекте (см. ниже), прерывает исследования в этой области на 15 лет. По завершению первого, самого тяжёлого этапа проекта И.К. Кикоин возвращается к изучению полупроводников, привлекая молодых выпускников Московского инженерно-физического института и Московского университета. За прошедший период сама область изменилась кардинально за счёт появления новых монокристаллических полупроводников и вовлечения в исследования большой группы квалифицированных теоретиков и экспериментаторов, а вместе с тем и масштабной реализации техниче-



И.К. Кикоин и Л.А. Арцимович. 1970-е гг.

ских приложений. Однако это не остановило И.К. Кикоина. Уже в 1956 г. он публикует статью об измерении фотоманнитного эффекта в германии, а в следующем году обнаруживает анизотропию чётного фотоманнитного эффекта в монокристаллическом германии. Последний результат не столь очевиден, поскольку германий имеет кубическую симметрию, и как следствие – изотропный характер проводимости (в отсутствие магнитного поля). Последовавший вскоре теоретический анализ объяснил наблюдавшуюся картину.

В дальнейшем И.К. Кикоин детально изучает эффекты анизотропии, выявляемые при измерении ФЭМ-эффектов в монокристаллах. Его привлекало, что картина анизотропии связана с особенностями энергетического спектра электронов и дырок в полупроводниках. Вслед за обнаружением анизотропии нечётного ФЭМ-эффекта, он проводит измерения анизотропии чётного и нечётного эффектов в очень сильных магнитных полях. Исследования шли во взаимной корреляции с результатами микроскопической теории, опирающейся на реальный сложный спектр носителей. Хорошее совпадение теоретических результатов с нетривиальной экспериментальной картиной не только служило проверкой теории, но и давало основание рассчитывать на возможность реализации обратной задачи для новых полупроводников.

В 1966 г. И.К. Кикоин, исследуя ФЭМ-эффект в полупроводнике индий-сурьма при гелиевых температурах, открывает явление его осцилляции как функции магнитного поля. Это открытие совпало со временем, когда квантовым осцилляциям макроскопических величин кинетической или статистической природы уделялось большое внимание. Поэтому неслучайно открытие И.К. Кикоина вызвало большой интерес. Однако объяснить явление, оставаясь в рамках принятых представлений о природе ФЭМ-эффекта, не удавалось. И здесь существенный вклад внесли теоретики ЛФТИ. Было показано, что в условиях эксперимента имеет место локальный разогрев основных носителей с отрывом электронной температуры от решёточной. В результате наряду с ФЭМ-эффектом возникает термомагнитный эффект, обусловленный градиентом температуры в направлении падающего света, который может играть существенную или даже определяющую роль. Эти соображения получили позднее прямое экспериментальное подтверждение.

Глубоко понимая природу ФЭМ-эффекта, И.К. Кикоин во второй половине 1970-х – начале 1980-х гг. проводит серию элегантных экспериментов, в которых в той же геометрии свет заменяется рентгеновскими квантами или альфа-частицами. Качественно картина сохраняется. Фактически, аналогичный по духу эксперимент учёный поставил ещё в 60-е годы, когда вместо магнитного поля использовал одноосную деформацию кристалла. Теперь именно последняя создавала разную анизотропию коэффициентов диффузии рождённых светом электронов и дырок. Воз-

никновение электрического поля в освещенном светом кристалле при наложении деформации получило название фотопьезоэлектрического эффекта. Развита микроскопическая теория показала, что решающим для эффекта является снятие в результате одноосной деформации вырождения между разными минимумами в зоне проводимости и между подзонами дырок в валентной зоне.

Есть ещё одна область физики твёрдого тела, интерес к которой сопровождал всю творческую жизнь И.К. Кикоина. Речь идёт об эффекте Холла и вообще гальваномагнитных эффектах в ферромагнитных металлах. Начало исследований в этой области совпало с переездом И.К. Кикоина вместе с его лабораторией в Свердловск, где в 1936 г. начал действовать Уральский физико-технический институт. Верный своей идее создания новых физических центров в разных городах страны, А.Ф. Иоффе формирует в недрах ЛФТИ зародышевые коллективы будущих институтов, направляя в них лучших своих учеников. Так произошло и с И.К. Кикоиным. В предвоенные годы И.К. Кикоин публикует две статьи, вошедшие в классический фонд работ в физике магнитных металлов. В них он однозначно устанавливает существование, наряду с обычным, аномального эффекта Холла. Этот аномальный эффект оказывается связанным не с магнитным полем, а с намагниченностью ферромагнитного металла. Продолжив исследование в парамагнитную область, выше точки Кюри, И.К. Кикоин впервые обнаруживает и в этой области существование аномального эффекта Холла, зависящего теперь от наведённого внешним полем магнитного момента. При этом коэффициент Холла не испытывал никакой аномалии при переходе через точку Кюри. Полученные результаты не оставляли сомнения, что при изучении кинетических явлений векторы внешнего магнитного поля и намагниченности должны рассматриваться как независимые.

Вернувшись к исследованиям в этой области в конце 1950-х годов, И.К. Кикоин провёл серию экспериментов на разных ферромагнитных металлических сплавах в ферромагнитной и парамагнитной областях. В результате детальных и очень тщательных исследований он пришёл к крайне важным заключениям. Было найдено, что у аномального эффекта Холла коэффициент при магнитном моменте пропорционален разности квадратов намагниченности металла при  $T = 0$  и данной температуре. Отсюда сильнейшая температурная зависимость, отсутствующая у нормального эффекта Холла. С другой стороны, при измерении изменения сопротивления в магнитном поле было обнаружено, что магнитная часть сопротивления, связанная с рассеянием на спиновой подсистеме, имеет аналогичную зависимость. Эти данные привели к фундаментальному результату, согласно которому аномальный эффект Холла пропорционален магнитной части сопротивления. Отсюда И.К. Кикоин сделал вывод: рассеяние на спиновых возбуждениях играет определяющую роль в формировании аномального эффекта Холла. Тем самым отпадали многие теоретические варианты, которые связывали эффект с сопротивлением, возникающим при рассеянии подмагниченных электронов проводимости на примесях и фононах.

В середине 1960-х годов И.К. Кикоин предпринимает рекордное по трудности исследование, которое по идее, результатам и экспериментальному мастерству стоит в ряду лучших экспериментальных работ, выполненных советскими физиками за все прошедшие годы. Я имею в виду опыты по определению электропроводности в металлическом паре с изменением его плотности. Для их реализации

И.К. Кикоин выбрал ртуть в закритическом состоянии при температурах, превышающих критическое значение  $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и давлении в несколько тысяч атмосфер. Закритичность позволяла оставаться в состоянии пара и менять плотность в заметном интервале. Но надо было создать неметаллическую ячейку, защищенную от химической агрессивности ртути и выдерживающую такие громадные давления и температуры, и при этом измерять электропроводность и независимо плотность, фактически уравнение состояния. Последняя задача была решена весьма остроумно: плотность измерялась по интенсивности излучения, создаваемого радиоактивным изотопом ртути. В результате было найдено, что металлическая проводимость возникает уже при плотности пара, равной  $0.6\text{--}0.7$  от плотности металла. Не менее интересным было обнаружение, что электропроводность неметаллического характера появляется при плотностях порядка  $0.2\text{--}0.3$  от металлической плотности. Работы получили широкий резонанс и признание как у нас в стране, так и за рубежом. Результаты представляли большой интерес для физики фазовых переходов и для общей проблемы появления электропроводности и ее подавления в предельно нерегулярных динамических системах. В данной ситуации – в отсутствие не только кристалличности, но и вообще конденсированной фазы.

Успешно начатые фундаментальные исследования по физике металлов и полупроводников, как я уже отмечал, были прерваны в первые же дни войны почти на 15 лет. Сначала это было связано с работой И.К. Кикоина и его сотрудников по созданию противотанковых и противотранспортных мин. Разработанное оригинальное устройство, которое реагировало на изменение магнитного поля при прохождении танка или машины на расстоянии двух метров, было сравнительно быстро принято на вооружение. Другое направление относилось к разработке прибора по измерению громадных токов, порядка многих тысяч ампер. Это было жизненно важно для регулирования очень чувствительного к параметрам процесса электролиза при выплавке алюминия. За создание этого прибора И.К. Кикоину была присуждена Сталинская премия. Во время войны его лаборатория оснастила этими приборами многие уральские заводы.

1943-й стал переломным годом в жизни И.К. Кикоина. По решению правительства, он вошёл в группу физиков, которая вместе с И.В. Курчатовым начала анализ и разработку всего комплекса проблем по реализации Атомного проекта в стране. И.К. Кикоин становится научным руководителем направления, связанного с разделением изотопов урана. Он принимает активное участие в создании знаменитой Лаборатории 2 Академии наук СССР, где возглавляет сектор 2, организованный для решения проблемы разделения, и назначается заместителем И.В. Курчатова. На первом этапе И.К. Кикоин проводит детальный анализ всех методов, которые могут быть использованы для решения задачи разделения. Уже в 1943 г. он проводит в Свердловске эксперименты на центрифуге, разработанной профессором Ф. Ланге, и начинает работы по созданию пористых фильтров для диффузионного метода разделения. Сравнительно скоро становится ясно, что в предложенном конструкционном варианте центрифуги не могут быть использованы для разделения изотопов урана в заметном масштабе. После сравнительного анализа других методов И.К. Кикоин приходит к заключению, что единственным методом, позволяющим создать в стране промышленное производство урана-235, является газодиффузионное разделение изотопов на пори-

стых средах. Представляется, что начальной поддержке этого заключения способствовал тот факт, что, согласно закрытой информации, в США был использован именно такой метод.

И.К. Кикоин проводит количественные оценки. Выясняется, что завод, рассчитанный на производство 90%-ного урана-235 в количестве 100 г/сут, должен состоять из более чем 2 тыс. ступеней, а общая площадь пористых фильтров должна быть около 10 тыс. м<sup>2</sup>. Такие масштабы были связаны с тем, что эффект разделения на отдельном фильтре пропорционален относительной разности масс диффундирующих молекул. К тому же на начальном этапе, когда концентрация урана-235 мала (концентрация урана-235 в естественном уране равна 0.71%), эффект разделения пропорционален концентрации. Для реализации проекта необходимо было иметь в громадном количестве химическое соединение урана, остающееся газообразным при температурах порядка комнатных. Единственным соединением такого рода оказался фторид урана. К началу Атомного проекта этот крайне агрессивный газ не производился ни в одной лаборатории страны. Эффективность разделения требовала, чтобы давление по обе стороны фильтра отличалось в несколько раз. Отсюда необходимость иметь на каждой ступени компрессоры, работающие на фториде урана. Эффект разделения основан на разности скоростей молекул, содержащих разные изотопы, поэтому необходимо было ограничить число их столкновений в порах фильтра, и следовательно, плотность газа. Поскольку соответствующее давление оказывалось заметно меньше атмосферного, возникала ещё одна серьёзная техническая проблема, связанная с герметичностью всей системы.

Даже сегодня поражаешься масштабом проблем, которые предстояло преодолеть для создания промышленности разделения изотопов. И понимаешь, как велика и ответственна была роль научного руководителя, который должен был соединить воедино все многочисленные ветви проекта, демонстрируя в каждом случае высокий профессиональный уровень. В этой связи я позволю себе сказать, что выбор И.К. Кикоина как научного руководителя всего направления, связанного с разделением изотопов, был на редкость удачным решением. На этом посту оказался уникальный человек, сочетавший в себе черты учёного-исследователя, инженера, конструктора и руководителя больших коллективов.

Оценив весь спектр стоящих проблем, И.К. Кикоин уже на раннем этапе привлекает одного из виднейших математиков страны академика С.Л. Соболева

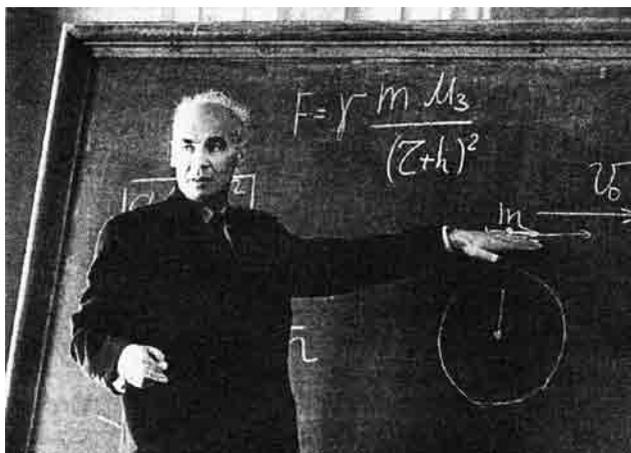


В Барвихе (слева направо): П.Л. Капица, И.К. Кикоин, А.А. Капица и Н.Н. Семёнов. 1976 г.

к решению задач, связанных с теорией разделения на больших каскадах диффузионных ступеней, а также со сложной проблемой устойчивости и регулирования таких каскадов. Одновременно он предложил привлечь крупного специалиста в области гидравлических машин профессора И.Н. Вознесенского, чтобы начать проектирование диффузионных машин и проложить путь к конструкторским бюро и производственным коллективам, которые должны взяться за создание таких машин. События развиваются в быстром темпе. Уже в середине 1945 г. в Лаборатории 2 вводится в строй лабораторный корпус для сектора И.К. Кикоина. Вместе с учениками и сотрудниками он начинает активно заниматься разработкой и испытанием пористых фильтров, конструированием целой серии приборов, необходимых для измерения изотопного состава, определением важнейших параметров будущего завода, исследованием модельных систем. В 1946 г. проектирование и создание машин переносится на Ленинградский Кировский завод и Горьковский машиностроительный завод. Уже в 1947 г. И.К. Кикоин в экспериментальном зале своего сектора проводит испытание первого опытного газодиффузионного каскада, состоящего из набора разделительных ступеней, построенных на этих заводах. Успех испытания был первым шагом к решению намеченной И.К. Кикоиным программы и формально открывал путь к созданию специализированного завода. На самом деле, как это не покажется сегодня удивительным, И.К. Кикоин ещё в 1945 г. выбрал площадку для строительства диффузионного завода на Урале, в 60 км от Свердловска. К моменту испытания строительство завода шло полным ходом.

С 1948 г. И.К. Кикоин фактически все основное время проводит на строящемся заводе. Он руководит монтажными и пусконаладочными работами по мере поступления диффузионных машин. Все промежуточные испытания проходят под его руководством. Сегодня трудно представить масштаб проблем и трудностей, которые возникали на всех этапах строительства первого диффузионного завода в стране. И весь груз этих проблем в той или иной степени ложился на плечи научного руководителя. Приходилось по ходу дела менять конструкции узлов машин, размер и соединение каскадов, выбирать промежуточные режимы обогащения. Особые трудности были связаны с агрессивностью фторида урана и, как следствие – с огромными потерями рабочего газа. Все приходилось решать в сжатые сроки. Даже малейшие предложения по усовершенствованию или изменению технологического режима требовали безусловного одобрения научного руководителя.

Первая очередь завода была пущена в 1949 г. К тому моменту концентрацию урана-235 удалось довести до 75%. Только к концу 1950 г. были преодолены основные трудности и завод мог поднять концентрацию до 90%. В 1951 г. прошло испытание первой урановой бомбы. В том же году И.К. Кикоину было присвоено звание Героя Социалистического Труда.



И.К. Кикоин читает лекцию для старшеклассников. 1980 г.

Параллельно с работами, связанными с пуском завода, И.К. Кикоин принимает активное участие в создании Центральной заводской лаборатории. В 1949 г. по его представлению сюда переезжает группа учёных из институтов Уральского филиала Академии наук и ряд его сотрудников из Лаборатории 2. К 1950 г. Центральная заводская лаборатория превратилась в маленький отраслевой институт, в котором царил дружеская и творческая атмосфера, характерная для всех коллективов, которыми руководил И.К. Кикоин. Теперь под его началом оказалось одновременно два научных коллектива. Постепенно центр тяжести теоретических и экспериментальных работ по разделению изотопов переместился в эту заводскую лабораторию. И.К. Кикоин и здесь фактически руководил всеми работами, направленными на развитие и совершенствование самого метода разделения, в том числе исследованием процесса разделения на фильтрах и разработкой новых фильтров, изучением физических и химических процессов в делителе – сердце диффузионной машины, созданием совершенных методов и приборов по измерению основных физических параметров и т.п. Концентрация научных исследований определила решение о создании здесь учёного совета с правом защиты кандидатских и докторских диссертаций. Председателем совета назначили И.К. Кикоина. Он оставался на этом посту 30 лет. Начало работы совета было положено в 1954 г. защитой первых двух кандидатских диссертаций, выполненных сотрудниками Центральной заводской лаборатории.

К 1955 г. завершается этап совершенствования диффузионного метода. Были введены в строй более усовершенствованные следующие очереди диффузионного завода. В этих условиях И.К. Кикоин смог больше времени уделять своему сектору в Лаборатории измерительных приборов (ЛИПАН) – так с 1949 г. называется Лаборатория 2. Он начинает снова заниматься исследованиями, связанными с физикой твёрдого тела. Вместе с тем практически до конца жизни он остаётся научным руководителем проблемы разделения изотопов. И именно в таком качестве И.К. Кикоин возглавил второй грандиозный проект в этой области – центрифужный метод разделения изотопов урана, проект, который не имел предшественников в мировой практике и был от начала и до конца пионерским.

Практическая реализация метода опиралась на три конструктивные идеи. Исходная замечательная идея принадлежала работавшему в СССР немецкому физики М. Штеенбеку, предложившему центрифугу, функционирующую на принципе волчка, с опорой на тонкой игле и чисто магнитным удержанием верхнего конца. Однако предложенная конструкция центрифуги с гибким ротором высо-



И.К. Кикоин с женой, В.Н. Тюшевской, и дочкой Любой на демонстрации. 1940-е гг.

той 3 м, отдельные части которого соединялись сильфонами, оказалась крайне нетехнологичной из-за разрушения ротора при прохождении критических оборотов. Альтернативное решение было найдено Е.М. Каменевым, сотрудником сектора И.К. Кикоина, предложившим конструкцию подкритической центрифуги, наоборот, с жёстким ротором и ограниченной высотой. Наконец, третья идея принадлежала И.К. Кикоину. Она решала важнейшую задачу передачи лёгкой и тяжёлой фракции от центрифуги к центрифуге. Во всех вариантах конструкции использовались эти три идеи.

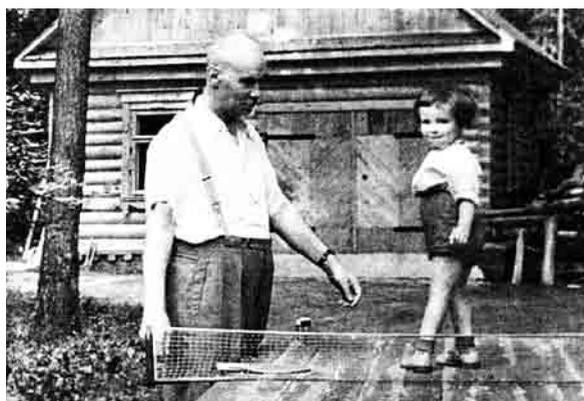
С принципиальной точки зрения, центрифужный метод обладал рядом безусловных преимуществ, связанных в первую очередь с уменьшением в десятки раз потребляемой энергии. Кроме того, большой коэффициент разделения, зависящий от абсолютной, а не от относительной разности масс молекул, давал значительные преимущества при компоновке подчас сотни тысяч идентичных центрифуг. Однако надо было получить убедительные доказательства, чтобы ставить вопрос о замене с таким трудом созданной и так надёжно теперь действующей промышленности на работающую на совершенно другой технологической основе промышленность. И снова координация всех научно-технических работ ложится на научного руководителя. Но теперь он уже может опереться на высокопрофессиональные коллективы - конструкторское бюро Кировского завода, активно работающие группы на комбинате 813 (так теперь называется первый диффузионный завод) и его собственный отдел в ЛИПАНе.

В 1957 г. на комбинате начинает функционировать небольшой опытный завод газовых центрифуг. По докладу И.К. Кикоина, представившего детальный анализ его эксплуатации, принимается историческое решение о строительстве первого промышленного центрифужного завода. После пуска его в первой половине 60-х годов началась новая эра в проблеме промышленного разделения изотопов урана. Огромные усилия прилагаются для усовершенствования центрифуг, одно за другим возникают качественно новые их поколения. На всех этапах работы И.К. Кикоин и его ближайшие сотрудники принимают самое активное участие. В фокусе его постоянного интереса находится проблема создания и испытания новых материалов, позволяющих увеличить радиальную скорость вращения центрифуги при одновременном обеспечении достаточной длительности периода эксплуатации. И.К. Кикоин выступает инициатором развития и технологии разделения стабильных изотопов с использованием модифицированных центрифуг.

По мере становления нового метода учёный всё большее внимание уделяет вопросам, не связанным с проблемой разделения изотопов. Это касается не только продолжения на новом уровне тех исследований, которые он начинал ещё до войны. После того как теоретики, работающие в его отделе, построили теорию открытого в 1930 г. эффекта Зентфлебена (влияние магнитного поля на кинетические явления в нейтральных газах), И.К. Кикоин решает исследовать поведение вязкости в сильном магнитном поле в кислороде и азоте. Экспериментальные результаты в случае азота хорошо коррелировали с теорией, но расходились с теоретическими предсказаниями в случае кислорода. Это сыграло существенную роль для дальнейшего развития теории.

Заинтересовавшись недавно открытым эффектом Мёссбауэра, И.К. Кикоин активно помогает молодым сотрудникам создать установку для измерения эффекта. Впервые в стране начинаются исследования с использованием важного для

широкого круга задач изотопа железо-57. Вместе с развитием в отделе И.К. Кикоина общей теории эффекта Мёссбауэра к экспериментальным исследованиям приступают сотрудники и других подразделений института. В короткий срок Институт атомной энергии (так теперь называется ЛИПАН) становится ведущим центром по использованию эффекта Мёссбауэра в физике твёрдого тела. И.К. Кикоин проявляет большой интерес к изучению конденсированного состояния с помощью нейтронного рассеяния. Он всячески поддерживает переход исследовательских групп, занимавшихся традиционными нейтронными задачами, к фундаментальным исследованиям такого рода. Позднее он выступает одним из инициаторов организации в Институте атомной энергии независимого подразделения, в котором конденсированное состояние будет изучаться с помощью ядерных методов. Так был сделан ещё один шаг на пути трансформации института, созданного для решения оборонных задач, в национальный центр с широким спектром фундаментальных исследований. Этому способствует и дальнейшее развитие работ по актуальным проблемам физики и химии твёрдого тела в его собственном отделе.



И.К. Кикоин с внуком Серёжей. 1960-е гг.

Была ещё одна общая проблема, которой И.К. Кикоин придавал огромное значение и интерес к которой красной нитью проходит через всю его жизнь, – это проблема образования и воспитания научной молодёжи. Очень рано, работая в ЛФТИ, И.К. Кикоин начинает читать лекции в Ленинградском политехническом институте. Ему не было ещё 30 лет, когда после переезда в Свердловск его приглашают заведовать кафедрой общей физики в Уральском политехническом институте. Сразу после войны, уже в Москве, он читает повышенный курс общей физики на только что созданном специальном инженерно-физическом факультете в Московском механическом институте. После реорганизации физического факультета МГУ И.К. Кикоин в течение многих лет читал курс общей физики на этом факультете. Примечательной особенностью его лекций было большое число ярких демонстрационных опытов, в подготовке которых он подчас сам принимал участие. В МГУ он реализует свою давнишнюю идею подготовки физиков-экспериментаторов через работу в лабораториях вуза прямо с первого курса. Он организует физический кружок и сам руководит работами студентов, приезжая два раза в неделю по вечерам. Интересно, что из этого кружка вышла талантливая группа исследователей, защитивших кандидатские и докторские диссертации. Многие из них стали постоянными сотрудниками И.К. Кикоина.

Для всех окружающих И.К. Кикоин был настоящим Учителем. В существенной степени это было связано с его образом жизни в науке, которая проходила на глазах у всех. Каждое утро он начинал с обхода лаборатории, вникая в детали проводимых экспериментов. Он фактически участвовал как в постановке экспериментов, так и в преодолении возникающих трудностей, не говоря уже о тщательном обсуждении полученных результатов. Но во всех случаях он от-

казывался быть соавтором работ, в которых сам не производил измерений. Несмотря на большую занятость, он всегда был доступен для сотрудников. Его кабинет постоянно превращался в место жарких дискуссий и обсуждений, а часто и просто контактов с представителями других научных центров. Он жил внутри коллектива, участвовал во всех неформальных мероприятиях, в том числе в «капустниках», сценарии которых писал сам. Это было характерным для него не только в Институте атомной энергии, но и во всех тех местах, где он работал, – в ЛФТИ, на комбинате 813, где он был активным участником всех праздничных мероприятий.

Человек долга и внутренней моральной ответственности, И.К. Кикоин с начала 1960-х годов огромное внимание уделяет школьному образованию. Он возглавил комиссию по выработке современной программы преподавания физики в школе и отбору соответствующих учебников. Отсутствие учебников для старших классов и авторов, готовых их написать, заставила И.К. Кикоина принять трудное для себя решение – написать учебник по механике для 8-го класса. Он привлекает к этой работе своего родного брата А.К. Кикоина, с которым ранее написал вузовский учебник по молекулярной физике. Затратив массу усилий, они создали учебник, который стал на много лет стабильным школьным учебником. И.К. Кикоин согласился принять участие в коллективе, который работал над учебником физики для 9-го класса, и кроме того быть редактором, ответственным за книгу в целом. Этот учебник также получил статус стабильного.

Движимый желанием дать возможность способным школьникам, живущим вне столичных городов, получить дополнительные знания по физике и, в частности, помочь тем, кто готовится сдавать вступительные экзамены на физические факультеты, И.К. Кикоин выдвигает идею создания ежемесячного физико-математического журнала для школьников «Квант». Его активно поддержал выдающийся математик академик А.Н. Колмогоров. Решение об издании такого журнала было принято в 1970 г. И.К. Кикоин был назначен главным редактором, а А.Н. Колмогоров – первым заместителем редактора. Трудно переоценить ту роль, которую сыграл журнал «Квант» в выявлении по всей стране будущих талантливых физиков и математиков. Этому в большой степени способствовали и Всесоюзные физические олимпиады школьников, которые И.К. Кикоин проводил с 1965 г., оставаясь постоянным председателем Оргкомитета олимпиады.

Оглядываясь назад, следует признать, что И.К. Кикоин сыграл уникальную роль в совершенствовании школьного физического образования в стране. Меня, наблюдавшего, как много сил и времени отнимает у него эта проблема, не оставляло ощущение, что обострённое нравственное чувство долга было основным движущим мотивом его деятельности в этой области. Жизнь и судьба И.К. Кикоина – пример служения науке и стране. Выдающийся учёный, яркий физик-экспериментатор и инженер, замечательный учитель и руководитель больших научных коллективов, он внёс неоценимый вклад как в развитие науки и физического образования, так и в создание совершенно новой, основанной на оригинальных физических принципах промышленности. Заложенные им традиции и поныне служат эталоном отношения к науке, фундаментальной и прикладной, как и умение создавать исключительно творческий и дружественный климат в коллективе.

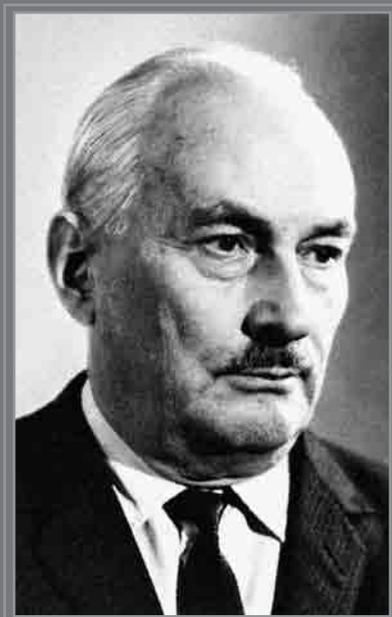
*Академик Ю.М. Каган  
Вестник Российской Академии наук, 2008. Т. 78. № 2. С. 153–166*

Академик А.Ф. Иоффе считал, что для быстрого развития физики в стране нужно создать дочерние институты ЛФТИ в других городах. Ими стали физико-технические институты в Харькове, Томске и Свердловске. В 1932 г. И.К. Кикоин был переведен в Уральский физико-технический институт (УФТИ), впоследствии переименованный в Институт физики металлов. Сотрудники нового института до 1936 г., пока строилось здание института в Свердловске, числясь «уральцами», работали в стенах Ленинградского физико-технического института. В середине 1930-х годов И.К. Кикоин вместе с группой молодых ученых переехал в Свердловск. Одновременно с научной работой он вел педагогическую деятельность – в Ленинграде и Свердловске.

С момента переезда началась работа И.К. Кикоина в качестве заведующего лабораторией электрических явлений. Первый год И.К. Кикоин продолжал исследования гальваномангнитных явлений в металлах и парамагнитных сплавах, а затем вернулся к своей идее провести опыт Эйнштейна-де Газа в сверхпроводниках. Он провел трудный эксперимент по исследованию гиромангнитного эффекта в сверхпроводниках, измерив спин электрона, за год, проведенный в криогенной лаборатории в Харькове. Результаты этого виртуозного опыта были опубликованы в 1938 году. Наряду с этим лаборатория решала практические технические задачи.

С началом Отечественной войны лаборатория И.К. Кикоина работает на оборону страны. В конце 1942 г. И.В. Курчатов, начав формировать коллектив для решения атомной проблемы, съездил в Свердловск и ознакомился там с работами Кикоина. В начале 1943 г. И.К. Кикоин был переведен в Москву.

*В.Ю. Ирхин*



---

## Академик Владимир Иванович АРХАРОВ

Мы, смертные, достигаем бессмертия в остающихся после нас вещах, которые мы создаем.

*Альберт Эйнштейн*

Владимир Иванович Архаров родился 14(27) февраля 1907 г. в Одессе в семье военного врача.

### **Начало пути**

В 1925 г. В.И. Архаров окончил Нижегородский индустриальный техникум по специальности «Техник по теплотехнике». Во время учебы он проходил производственную практику (1923 г.), заводскую стажировку (1925–1926 гг.), а потом год работал на заводе «Красная Этна» (1926–1927 гг.).

После окончания техникума он продолжил образование – был зачислен на второй курс и начал учёбу на физико-техническом отделении педагогического факультета Нижегородского университета (1925–1928 гг.). И вскоре, по приглашению профессора А.Н. Зильбермана, который читал курс общей физики в университете, начал работать в качестве сотрудника-практиканта в возглавляемой им Физической лаборатории. Профессор Александр Наумович Зильберман, ученик выдающегося нидерландского ученого в области теоретической физики Хендрика Лоренца (Нобелевская премия по физике 1902 г. совместно с Питером Зееманом), стал преподавать в Нижегородском университете после эвакуации Варшавского политехнического института во время Первой мировой войны в Нижний Новгород.

В то время в лаборатории под руководством профессора Зильбермана проводилась работа по выяснению причин возникновения донного льда и исследованию процесса кристаллизации в речном потоке, в которой Владимир Иванович принимал самое непосредственное участие. Он (вместе с женой, тоже студент-

---

кой физико-математического факультета) много и с увлечением работал в лаборатории профессора Зильбермана. Александр Наумович, видя их неподдельный интерес к науке, часто рассказывал им о своей учебе за границей, работе у Лоренца, общем состоянии науки на Западе и развитии новых идей и взглядов в физике (рождении новой физики), которые вносили революционный переворот в существовавшие тогда в классической физике, традиционные представления о строении материи. Давал им читать наиболее интересные новые работы, которые появлялись в этой области. Он видел, что в России главным центром развития этой науки становится Ленинград, и часто повторял своим молодым практикантам, что там будущее советской физики. Особенно выделялся в этом отношении Политехнический институт и созданная при нем Физическая лаборатория, которая (по инициативе Абрама Федоровича Иоффе) стала крупным центром научно-исследовательской работы, сыгравшим огромную роль в развитии физики в России.



«Техник. Теплотехник». 1925 г.

Именно в это время у Владимира Ивановича появилось желание посвятить себя науке. И он решает, не дожидаясь окончания IV курса, попасть в самый центр тогдашней научной жизни. В апреле 1928 г., с рекомендательным письмом профессора Зильбермана и всеми необходимыми документами он едет в Ленинград и ему удается поступить (перевестись) в Политехнический институт – он был зачислен на III курс физико-механического факультета.

Абрам Федорович Иоффе, организуя новый факультет, главной его задачей считал формирование специалиста нового типа – инженера-исследователя. В то время таких специалистов не выпускали еще нигде – ни у нас в стране, ни за рубежом. Инженер-исследователь за время обучения в институте должен был не только получить солидный запас знаний – и технических, и научных физических, но еще приобрести опыт самостоятельных научных исследований и научиться творчески мыслить. Этой цели была подчинена вся программа обучения на факультете. Выпускник физико-механического факультета (выпуска 1930 г.), выдающийся ученый, академик Исаак Константинович Кикоин, учившийся на год старше Владимира Ивановича, и с которым они работали потом в Ленинградском и Уральском физико-технических институтах, вспоминал об этом так:

«Четыре-пять лет учебы на физико-техническом факультете, тесно увязанной с научной работой, превращали беспомощных студентов-первокурсников в зрелых, самостоятельных научных работников...», «Еще в стенах втуза мы приучились считать науку основным делом нашей жизни и работали в лаборатории практически непрерывно. Буквально в любое время можно было встретить в лаборатории работающих физико-механиков. Неудивительно, что мы научно довольно быстро росли».

Абраму Федоровичу Иоффе удалось собрать на своем факультете блестящий коллектив первоклассных преподавателей, обладавших и научной эрудици-

ей, и педагогическим мастерством. Многие из них были в то время еще совсем молодыми, но уже тогда заявили о себе в научном мире, а в дальнейшем стали крупнейшими учеными страны. Среди них – профессор Николай Николаевич Семенов (будущий академик, директор Института химической физики РАН, лауреат Нобелевской премии по химии 1956 г.) читал тогда на факультете курс лекций по электронным явлениям. Курс оптики с большим объемом лабораторий к нему вел И.В. Обреимов (тоже ставший академиком, крупным специалистом в области молекулярной физики, спектроскопии и оптики). Яков Ильич Френкель (в будущем – крупный физик-теоретик, член-корреспондент АН) читал термодинамику и статистическую физику. Профессор Д.В. Скобельцин читал тогда курс атомного ядра, а Н.Н. Давиденков – курс физического металловедения и вел лабораторные работы по этому курсу. Оба они впоследствии также стали академиками. Профессор Ю.Г. Вульф вел курс по кристаллографии, профессор М.Г. Окнов – курс технологии металлов и лабораторные занятия по металлографии. Н.Я. Селяков читал курс физики рентгеновских лучей.

Владимиру Ивановичу посчастливилось застать многих из них, послушать их лекции или поработать в лабораториях под их руководством, а также сотрудничать потом с некоторыми из них в физико-техническом институте. Большинство преподавателей факультета одновременно были заняты в физико-техническом институте. Сам декан факультета А.Ф. Иоффе руководил физическим кружком для студентов; регулярно работал научный семинар, на котором студенты докладывали и обсуждали новые работы, появившиеся в научной печати. Такие семинары приучали студентов к самостоятельному изучению научной литературы, глубокому осмыслению приведенного в их материала, умению четко и ясно излагать основные положения этих работ. Кроме того, с самых первых лет существования физико-механического факультета установилась традиция привлекать наиболее способных студентов, начиная со второго курса, к работе в Физико-техническом институте в качестве препараторов и лаборантов, которые затем по мере научного роста, становились научными сотрудниками, а на их место приходили новые студенты. Большинство ведущих сотрудников физтеха конца 1920-х и начала 1930-х гг. прошли именно такой путь. Не зря ленинградские физики шутили называли тогда Ленинградский Физико-технический институт – «папа Иоффе и его детский сад».

Скоро после перевода на физико-механический факультет Ленинградского политехнического института новый студент Архаров обратил на себя внимание преподавателей увлеченностью наукой и основательной подготовленностью. Сказались учеба в Нижегородском индустриальном техникуме и работа на заводе «Красная Этна», а также занятость в качестве сотрудника-практиканта в Физической лаборатории профессора Зильбермана во время его учебы на физическом факультете Нижегородского университета. Ему как способному сильному студенту предложили поработать в физико-техническом институте. Его зачислили в Государственную физико-техническую лабораторию на должность препаратора в рентгенотехнический отдел. Вскоре он начал принимать участие в исследованиях своих старших товарищей: Г.В. Курдюмова, А.И. Алиханова, А.Л. Ивенсена, делая первые шаги в науке под руководством сначала Н.Я. Селякова в его рентгеновской лаборатории, а затем у Г.В. Курдюмова, занимавшегося рентгеноструктурным анализом. Именно в это время он впервые заинтересовался вопросами металлофизики, быстро постигая азы рентгенографии под ру-

ководством заведующего рентгенографическим отделом Георгия Вячеславовича Курдюмова, с которым они в процессе дальнейшей работы очень подружились, и дружба эта продолжалась всю жизнь.

Именно в это время формировались собственные научные интересы, которые потом во многом определили направление и научную тематику работ Владимира Ивановича. Первая самостоятельная тема научных исследований – изучение системы железо–кислород (1929 г.). Эту тему он нашел самостоятельно, обосновал научную и практическую значимость исследований в этом направлении и предложил ее на лабораторном собрании. Тема была одобрена и включена в план лаборатории. Ему, еще студенту, работавшему в лаборатории на скромной должности препаратора, было доверено самостоятельное серьезное исследование фактически на уровне научного сотрудника. Весь следующий академический год он с большим усердием работал над этой темой, проводя в лаборатории почти все время, свободное от занятий на факультете. Ему становилось все яснее, что наука, физика – это его настоящее призвание, а также начал вырисовываться конкретный путь, по которому ему предстоит двигаться дальше. Это физика твердого тела, металлофизика, исследование сложнейших процессов, которые происходят в металлах при разных внешних воздействиях, включая механизм фазовых превращений и перераспределение атомов в решетке кристаллов.

Начиная с декабря 1929 г. работать ему пришлось самостоятельно, так как заведующий рентгено-металлографическим отделом Г.В. Курдюмов, его главный наставник, отбыл в это время в годичную командировку в Германию. Работа, которой он занимался, представляла практический интерес для использования в металлургии черных металлов, поскольку во всех ее основных процессах происходит взаимодействие железа в жидком или твердом состоянии с кислородом (высокотемпературное окисление), а остаточный кислород в твердом металле оказывает сильное влияние на механические свойства материала и процессы сварки. С научной точки зрения исследование высокотемпературного окисления железа представляло самостоятельный интерес, поскольку в этой системе существует несколько соединений, обусловленных разной валентностью железа и имеющих разные кристаллические решетки. Результаты экспериментов он изложил в виде двух статей и направил в ведущие научно-технические журналы. Первая из них – «Современное состояние вопроса о системе железо–кислород» – аналитический обзор экспериментальных работ, опубликованных по этой теме в зарубежной литературе, была опубликована в журнале «Вестник металлопромышленности» (№ 6. 1930 г.). Вторая статья – «Рентгенографические исследования процесса окисления железа при высоких температурах» – содержала отчет о работе, проделанной за 1929–1930 академический год, и была опубликована в двух выпусках «Журнала физической химии» (т. II, вып. 1 и 6. 1931 г.). В этой работе было всестороннее изучено образование окалина в процессе высокотемпературного окисления железа, последовательные стадии ее формирования и области существования различных фаз при разных температурах. Фактически эти первые работы положили начало и определили направление его дальнейших исследований на многие годы, составили содержание будущей докторской диссертации.

В конце 1930 г. Владимиру Ивановичу предложили в соответствии с планом ЛФТИ, не порывая связи с рентгенометаллографическим отделом Г.В. Курдюмова,

заняться с начала следующего года еще и налаживанием методики электронографии под руководством заведующего лабораторией рассеяния электронов В.Е. Лошкарева. В связи с этим он начал изучать вопросы, связанные с дифракцией электронов.

После окончания института ему была присвоена квалификация инженера-физика. Он сразу был утвержден в должности инженера и целиком переключился на научную работу на физтехе, где продолжал трудиться в отделе Г.В. Курдюмова над изучением изменений, происходящих в поверхностных слоях металлов при разных воздействиях на них: окислении, хромировании, полировке и т.п. Наибольшее внимание он уделял исследованию механизма поверхностного окисления железа. Одновременно при этом разрабатывал методики электронографии для изучения структурного состояния и физико-химических явлений, возникающих в поверхностных слоях металлов при высоких температурах. При исследовании процесса окисления специальных сталей главное внимание он уделял изучению диффузии в твердых фазах и влияния на нее примесей.

Очень большое значение для научного роста ученых ЛФТИ имели общеинститутские семинары, которые проводились еженедельно под председательством Абрама Федоровича. Благодаря его умелому руководству семинары эти были чрезвычайно интересными и славились в научном мире на всю страну. В них принимали участие физики не только Ленинграда, но и других городов, приезжавшие специально, чтобы доложить свои работы. Многие крупные физики, участвовавшие тогда в физтеховских семинарах, часто вспоминали о том большом влиянии, которое они оказали на их формирование как ученых.

Владимир Иванович хорошо запомнил эти блестящие уроки по искусству управления научными собраниями и в последующей научной деятельности всегда придавал большое значение проведению семинаров (и лабораторных, и общеинститутских), стараясь, чтобы они носили характер таких же живых и содержательных дискуссий, и всегда тщательно готовился к ним. Он в полной мере на себе ощутил благотворное влияние и этих семинаров, и самой могучей личности А.Ф. Иоффе, и всей созданной им физической школы. На всю жизнь усвоил он те основополагающие уроки, которые получил на заре своей научной деятельности в Alma mater – в Ленинградском физико-техническом институте, принципиальные требования, которые должны быть положены в основу научной работы любого ученого. Эти принципы впоследствии Владимир Иванович старался прививать и всем своим ученикам.

Через некоторое время после окончания учебы в вузе, несмотря на большую загруженность основной работой в ЛФТИ, В.И. Архаров занялся еще и преподавательской деятельностью в физическом отделении Физико-механического института. Небольшой педагогический опыт у него уже был, так как еще в студенческие годы он проводил лабораторные занятия со студентами младших курсов, привлек к участию в своей исследовательской работе двух студентов физико-механического факультета, проходивших на физтехе производственную практику, был руководителем их практики. Теперь он стал руководить работой студентов в лаборатории электронных явлений. Это было интересно – ему нравился сам процесс обучения студентов технике довольно сложных экспериментов и работе на сложных приборах. Наиболее способных студентов он привлекал к своим исследованиям в ЛФТИ.

20 января 1932 г. произошло событие, сыгравшее очень большую и важную роль в его научной судьбе – был организован Уральский физико-технический ин-

ститут, выделенный по инициативе А.Ф. Иоффе из состава ЛФТИ, директором которого был назначен молодой аспирант из группы магнитных явлений – Михаил Николаевич Михеев. Абрам Федорович не ошибся в своем выборе: М.Н. Михеев сразу же проявил недюжинные организаторские способности, он тут же включился в требующую огромного напряжения сил работу по организации и строительству нового института, который предстояло возводить на голом месте, и только благодаря его настойчивости и напору институт (хоть и через долгие шесть лет) все-таки состоялся.

Начиная с января 1932 г. Владимир Иванович Архаров становится научным сотрудником, начальником группы электронографии – одного из первых четырех подразделений этого института. За четыре года пребывания в стенах ЛФТИ, фактически совмещая работу с учебой в Политехническом институте, он вырос от препаратора до начальника группы нового института, определяющего направление ее будущих научных исследований.

Однако строительство нового института шло трудно и медленно, строительная площадка – место будущих корпусов – располагалась прямо посреди соснового леса, в восточной части города. Строительных материалов и ресурсов не хватало. В этих условиях сотрудники нового физтеха продолжали оставаться в Ленинграде и работали в стенах ЛФТИ. Владимир Иванович с семьей из четырех человек и маленькой дочерью мог выехать из Ленинграда только при предоставлении ему какой-либо жилплощади. Вдруг, в середине 1934 г. неожиданно ему пришло персональное приглашение из Горького перейти на работу Горьковский исследовательский физико-технический институт (ГИФТИ) в лабораторию физики металлов на штатную должность научного сотрудника I разряда и заведующего учебной рентгеновской лабораторией в Горьковском университете (с возможностью с осени 1934 г. вести преподавательскую работу на кафедре физики металлов с доцентской ставкой). И что было немаловажно – там сразу же предоставлялась трехкомнатная квартира.

Предложение показалось заманчивым: пока в Свердловске будут готовы производственные помещения и появится жилье для сотрудников, пройдет немало времени. Можно пока поработать в Горьком. Особенно привлекательной представлялась возможность прочитать в Горьковском университете курсы лекций по физике рентгеновских лучей и металлографии. Преподавание, работа со студентами ему нравились, он разделял убежденность своего учителя А.Ф. Иоффе о пользе преподавательской деятельности для научного работника: «Научный работник должен овладеть не только той узкой областью знаний, в которой является специалистом, но обязан освоить и смежные и даже отдаленные области физики, – считал Абрам Федорович. – Чтение лекций заставляет преподавателя концентрировано и последовательно излагать мысль, шлифует язык, способствует логическому и стройному мышлению» («Воспоминания об А.Ф. Иоффе»).

Переезжая на новое место работы в Горький, Владимир Иванович был внутренне убежден, что это решение временное, что он все-таки свяжет свою научную судьбу с одним из созданных А.Ф. Иоффе новых перспективных физико-технических институтов. Он считал, что только там сможет развернуть свою будущую работу в полную силу, реализовать свой потенциал ученого. Перед отъездом он получил несколько рекомендательных отзывов от сотрудников, с которыми был связан по работе в ЛФТИ, отмечающих его исключительные способности,

«умение не только правильно сформулировать физическую задачу, но и тщательно решить ее, пользуясь наиболее совершенными методами экспериментальной физики».

Вот некоторые резюме из этих отзывов.

«Проделанные Архаровым работы в области окисления железа и стали представляют большой интерес и являются ценным вкладом в науку» (16.01.1934 г. Г. Курдюмов).

«Настоящим удостоверяю, что знаю В.И. Архарова по его работе, связанной с работой моей лаборатории, как исключительно серьезного и вдумчивого работника, обладающего большой научной инициативой, хорошо знающего свое дело, умело ориентирующегося в научной иностранной литературе и обещающего стать видным ученым специалистом» (13.01.1934 г. Профессор Н. Давиденков).

«Я знаю тов. Архарова четыре года. Он всегда казался мне человеком исключительных способностей, которые удачно сочетаются с добросовестным отношением к работе. Несомненно В.И. Архарова следует считать одним из лучших специалистов по физике рентгеновых лучей. ...О педагогической работе тов. Архарова могу также дать наилучший отзыв. Он руководил работой студентов в лаборатории электронных явлений Лен. Физико-механ. Института. Могу сказать, что В.И. Архаров прекрасно справлялся с этой работой. ...Руководство студентами требовало не только педагогических способностей, которые у тов. Архарова несомненно имеются, но и знания современной физики. Все вместе взятое дает мне право считать тов. Архарова крупным специалистом и хорошим педагогом. В первом и во втором он стоит на высоте современной науки» (08.10.1934 г.. Завед. Лабораторией фотоэлектрических явлений ЛФТИ, профессор физики Ленинград. Индустриального Института Д. Наследов).

«Инженер-физик Владимир Иванович Архаров по окончании курса Ленинградского Физико-Механического Института сразу же приступил к работе в Уральском Физико-Техническом Институте. За это время В.И. Архаровым был выполнен целый ряд работ, ...посвященных поверхностным изменениям в металлах – при окислении, при хромировании, при полировке. Особенно много сделано В.И. Архаровым в отношении изучения механизма поверхностного окисления железа. Этой теме посвящено несколько (4–5) отдельных работ, в итоге проливающих яркий свет на ход окисления железа при разных температурах. Начальные стадии образования окислов, последующая смена их, строение их, скорость окисления, – все это изучено в работах В.И. Архарова с большой обстоятельностью. Полученные результаты... частью являются новыми, с которыми уже считаются современные исследователи вопросов окисления... Указанные черты работ В.И. Архарова – их целеустремленность, умелое экспериментальное проведение их и литературная обоснованность – позволяют считать автора их серьезным самостоятельным ученым, подающим большие надежды в отношении дальнейших научных работ» (12.10.1934 г. Профессор Ленинградского Индустриального Института М. Окнов).

В письме, которым дирекция ГИФТИ приглашала В.И. Архарова из Ленинграда на новую работу, говорилось: «Развитие лаборатории физики металлов нашего института, чрезвычайно важное для краевой промышленности, является основной задачей института в данное время. Ваш приезд является одним из существенных моментов в плане развития этой лаборатории...».

В связи с этим Владимир Иванович предложил в качестве плана своих предстоящих исследований в институте изучение процессов диффузии в твердом состоянии, сопровождающихся образованием слоев промежуточных фаз на поверхности металлов при их взаимодействии с внешней средой. Это направление не только представляло научный интерес в плане понимания механизма и кинетики формирования поверхностных фаз на металлах, но и позволяло использовать полученные результаты в промышленности, для борьбы с коррозией и разработки технологии создания защитных покрытий. Предполагалось проведение работ в двух направлениях: изучение газовой коррозии (окисление металлов при высоких температурах) и электролитического осаждения металлов, главным образом хромирования.

Кроме основной работы в физико-техническом институте в отделе металлофизики (рук. Г.И. Аксенов) он занялся еще и преподавательской деятельностью на кафедре металлофизики в университете. Начал читать там курсы лекций по физике рентгеновских лучей и по рентгенометаллографии, вести практические занятия по структурному анализу, а также писать учебник по физике рентгеновских лучей. К исследованиям по своей тематике помимо штатных сотрудников лаборатории он привлек четырех студентов-дипломников из университета и одну аспирантку. Были выполнены работы по изучению процессов окисления меди и кобальта при высоких температурах, проведено их сравнение с закономерностями, наблюдаемыми при окислении железа и других металлов. Проведены исследования причин возникновения пористости хромовых покрытий, а также закономерностей формирования текстур в электролитических осадках хрома.

Наряду с основной исследовательской работой в институте он по специальным заданиям дирекции составлял также технические проекты рентгеновских лабораторий для горьковских заводов, а для Чернореченского химического завода – выполнял спецработу закрытого характера.

Всего за время своей работы в ГИФТИ (2.5 года) он опубликовал с сотрудниками отдела и аспирантами 10 научных работ в «Журнале технической физики» и «Заводской лаборатории», продолжал заниматься реферативной работой – опубликовал свыше 50 рефератов в «Журнале технической физики». В октябре 1936 г. Владимир Иванович по приглашению председателя оргкомитета конференции Г.В. Курдюмова сделал два доклада на Всесоюзном совещании по применению рентгеновского анализа в промышленности, состоявшемся в Днепропетровске.

Несмотря на непродолжительное время работы в Горьком, этот период является очень важным, завершающим формирование Владимира Ивановича как самостоятельного серьезного ученого, сформировавшего собственное научное направление и уже получившего признание значимости своих работ в этой области, имеющего опыт успешного промышленного применения полученных результатов научных исследований; проявившего талант педагога в деле воспитания молодых инженеров-физиков и написании и чтении курсов лекций по новым разделам физики.

Этот первый 30-летний период фактически составляет третью часть всей его жизни, которая продолжалась более 90 лет. Так получилось, что следующие крупные этапы, которые можно выделить в развитии научной деятельности В.И. Архарова, также составляют периоды, близкие к 30 годам. Это работа в Уральском

физико-техническом институте (Институт физики металлов АН СССР, Свердловск) (1936–1965 гг.) – «уральский период» и Донецком физико-техническом институте и Донецком научном центре национальной Академии наук Украины (1966–1997 гг.) – «донецкий период». При этом нужно отметить, что в каждом последующем периоде эффективность его работы и достижения закономерно возрастали.

### «Уральский период»



Доктор технических наук, профессор.  
1951 г.

С осени 1936 г. В.И. Архаров начал работать в Уральском физико-техническом институте в лаборатории диффузии (рук. В.С. Бугаков) старшим научным сотрудником, а с 1941 г. становится заведующим этой лабораторией. В 1938 г. ему была присуждена без защиты диссертации (по совокупности опубликованных работ) ученая степень кандидата технических наук. А в 1945 г. он успешно защитил докторскую диссертацию и в 1946 – был утвержден в звании профессора. По совместительству Владимир Иванович вел большую педагогическую работу: был доцентом, а затем заведующим кафедрой общей физики в Свердловском педагогическом институте (1938–1941, 1943, 1946–1947 гг.)

В 1947 г. В.И. Архаровым на базе кафедры рентгеноструктурного анализа в Уральском Государственном университете была организована одна из первых в нашей стране кафедра физики твердого тела. Эту кафедру он возглавлял с 1947 по 1960 г.

На кафедре готовили специалистов-физиков широкого профиля для научно-исследовательской работы в академических и отраслевых НИИ оборонных предприятий, для исследовательских лабораторий машиностроительных и металлургических заводов Урала, уделялось огромное внимание одному из важней-

ших направлений физики твердого тела – изучению взаимосвязи структуры и физических свойств твердых тел в целях оптимизации технологии промышленной обработки металлов и создания новых материалов с необходимым уровнем свойств. Все курсовые и дипломные работы студентов носили исследовательский характер и выполнялись под руководством сотрудников кафедры или в различных НИИ, в том числе на местах будущей работы выпускников. Производственная практика проходила в Центральной заводской лаборатории УЗТМ. Весь учебный процесс был организован в лучших традициях ленинградской школы А.Ф. Иоффе, заложенных им при организации физико-механического факультета, с привлечением наиболее способных студентов к работе в лабораториях физико-технического института. При кафедре была открыта аспирантура. Неудивительно, что в этих условиях каждый четвертый выпускник кафедры становился кандидатом наук. Из них 10 учеников В.И. Архарова стали докторами наук, а В.М. Счастливцев (в настоящее время научный руководитель отдела материаловедения в Институте физики металлов УрО РАН) стал академиком РАН.

Под руководством Владимира Ивановича преподавателями и аспирантами совместно со студентами был выполнен большой цикл работ по изучению закономерностей окисления металлов и сплавов. В этих работах структурные характеристики продуктов окисления использовались для анализа механизма диффузии, особенностей образования и кинетики роста разных слоев окалины, фазовых превращений на границах этих слоев. В них получили дальнейшее развитие идеи В.И. Архарова о квазиравновесной неоднородности в твердых телах и межкристаллитной внутренней адсорбции примесей в сплавах.

В течение 30-летнего «уральского периода» научной деятельности Владимир Иванович продолжал развивать те направления исследований, которые начал разрабатывать еще в Ленинграде и Горьком, углубляя и расширяя их. В научной тематике этого периода можно выделить несколько основных направлений исследования.

Первое из них – исследование механизма высокотемпературного окисления железа, стали и некоторых других металлов. В этих работах была установлена связь структуры окалины и скорости окисления металла. На основе анализа богатейшего экспериментального материала (изложенного в 90 научных публикациях) В.И. Архаровым была построена структурная теория процесса высокотемпературного окисления металлов и сформулированы основные принципы жаростойкости и защитного действия оксидных пленок, влияния разных легирующих элементов в сплаве на структурный тип окалины. Это направление работ В.И. Архарова имеет очень важное актуальное значение для современной техники в связи с необходимостью создания высококачественных сплавов, работающих в условиях высоких температур и агрессивных средах. Эти работы позволили решить ряд практических задач по оптимизации технологии обработки металлов, связанных с их окислением.

На основе этих работ была написана и защищена докторская диссертация на тему «Структурная теория высокотемпературного окисления железа, стали и некоторых других металлов», а основные научные результаты обобщены в монографии «Окисление металлов при высоких температурах». (1945 г.). Признанием значимости результатов в вопросах окисления металлов является то, что В.И. Архаров с 1969 г. (начало выпуска журнала) до конца своих дней был членом редколлегии журнала «Oxidation of Metals» (издаваемого в Нью-Йорке, США).

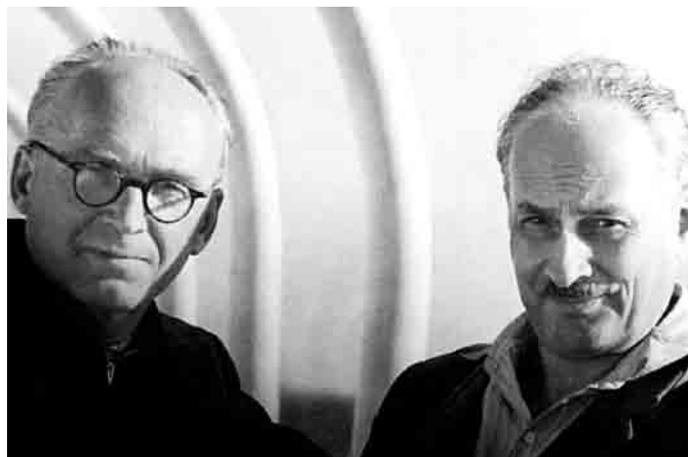
Второе направление – исследования взаимодействия металлов с другими газовыми средами – азотирующими, карбидизирующими и др. Особенно детально были разработаны вопросы газового хромирования как в плане теоретического рассмотрения процесса, так и в отношении физико-химических и механических свойств получающихся при этом процессе металлопокрытий, возможности практической реализации процесса. Результаты исследований изложены в монографии «Газовое хромирование» (1945 г.).

На основании этих исследований в годы войны (в 1944–1945 гг.) В.И. Архаров разработал методику и технологию газового хромирования стальных изделий, которые позволили решить проблему выбора материалов для производства важного оборонного изделия, наладить его серийное изготовление. За эту работу в 1945 г. он был награжден орденом Красной Звезды и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Третье направление – работы по электролитическому хромированию. Изучено влияние разных факторов на структуру электролитических осадков, про-



На VI Всесоюзном совещании по применению рентгеновских лучей к исследованию материалов. Ленинград, 1951 г.



Академики В.Д. Садовский и В.И. Архаров. В кулуарах конференции на теплоходе по Енисею «неприимимые оппоненты» находят время тепло пообщаться

цессы рекристаллизации в них, а также механизм и основные закономерности их формирования. Кроме способа газового хромирования В.И. Архаровым был также разработан важный метод карбидизации электролитических осадков хрома, дающий исключительно высокую химическую и механическую стойкость защитного слоя, а также развиты (совместно с одним из его учеников – С.А. Немноновым) теоретические представления о физической природе твердости электролитического хрома.

Четвертое направление – это вопросы методологии и техники рентгеноструктурного анализа. В.И. Архаров разработал специальный экспрессный метод съемки поликристаллических веществ с использованием фокусировки рентгеновских лучей в телесных углах, позволивший сократить время экспозиции рентгенограмм в тысячи раз. Созданы методика и аппаратура для рентгеноструктурной визуализации настройки и корректировки производства пьезокварца, что является первым примером применения рентгеновских лучей непосредственно в технологическом процессе.

Однако важнейшее направление работ В.И. Архарова – его исследования по теоретическому обоснованию и экспериментальному изучению явления межкристаллитной внутренней адсорбции растворенных компонентов и примесей в поликристаллических твердых телах. В эти годы В.И. Архаров разрабатывает впервые выдвинутую им еще в 1945 г. идею о возможности внутренней адсорбции в твердых телах, «приводящей к тому, что в равновесном состоянии, достигаемом при выдержках при высоких температурах, может наблюдаться обогащение структурных неоднородностей (например границ зерен и субзерен) различными примесями. Это явление может приводить к появлению так называемого гиббсова слоя и к хрупкости металла» (В.М. Счастливцев). Эти работы стали логическим развитием практических исследований по перегреву стали и выяснению природы камневидного излома,

сти металла» (В.М. Счастливцев). Эти работы стали логическим развитием практических исследований по перегреву стали и выяснению природы камневидного излома,

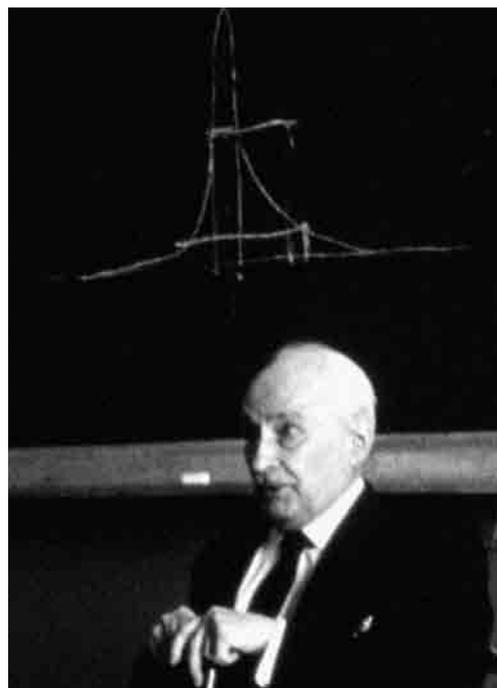
которые выполнялись им в порядке содружества с лабораториями Уралмашзавода во время войны и после ее окончания. На основе данных представлений о внутренней адсорбции В.И. Архаров сформулировал общий подход, позволивший с единой научной точки зрения объяснить большой круг разнообразных явлений в сплавах: перегрев и отпускную хрупкость стали, связанные с диффузией растворенных компонентов при термической обработке стали и сплавов, закономерности прокаливаемости и модифицирования сплавов, интеркристаллитную коррозию и действие стабилизаторов, модифицирование процессов старения; разработать эффективные способы управления структурой и свойствами металлических материалов; а также некоторые специальные свойства стали, чему посвящен ряд работ, давших важный результат, используемый для построения теории этих специальных свойств.

В области изучения фазовых превращений В.И. Архаров построил структурную картину процесса газовой коррозии и рассмотрел общие кристаллографические аспекты структурных перестроек при фазовых превращениях в сплавах. Он классифицировал фазовые превращения по механизму элементарного акта и уточнил механизм бездиффузионных превращений. В частности, подробно моделирован механизм перестройки решетки при мартенситном превращении в стали, рассчитаны некоторые кристаллометрические соотношения, регулирующие процесс этой перестройки, его кинетику. Результаты этих исследований изложены в монографии «Кристаллография закалки стали» (1951 г.).

«Из перечисленных главных направлений работ В.И. Архарова ясно виден огромный диапазон и актуальность его исследований. Результаты этих исследований, широкие теоретические обобщения делают В.И. Архарова одним из крупнейших специалистов в области физического материаловедения. Он всегда тесно увязывает свои теоретические исследования с насущными вопросами практики. Именно такое тесное сотрудничество с промышленностью, глубокое понимание запросов



50-летие ИФМ. Первый тост в память о негасимой дружбе физтеховцев первого поколения. Б.Г. Лазарев, М.Н. Михеев, Я.С. Шур, В.И. Архаров



На семинаре лаборатории кристаллизации ИФМ УрО РАН, 1983 г.



В.И. Архаров и М.Н. Михеев. 1983 г.

практики обогащало и обогащает все теоретические исследования научной школы В.И. Архарова, делает их актуальными как для развития физики металлов, так и для практического использования в промышленности» (М.Н. Михеев, С.В. Вонсовский. «Отзыв-рекомендация» в связи с выборами в Академию наук Украины).

Данные работы принесли ему широкую известность в научном мире и у нас в стране, и за рубежом. В этот период он совместно с сотрудниками и аспирантами лаборатории и кафедры физики твердого тела опубликовал более 300 статей в разных научных журналах. Результаты исследований обобщены в трех монографиях. Успешная научная и учебно-воспитательная деятельность В.И. Архарова в стенах Уральского университета и Института физики металлов была отмечена награждением его орденом «Знак Почета» (1954 г.).

Заканчивая описание «уральского периода» жизни Владимира Ивановича, нельзя не упомянуть о его инициативе и активнейшем участии в создании в 1955 г. всесоюзного академического научного журнала «Физика металлов и металловедение», заместителем главного редактора которого он был до отъезда на Украину, а также об исключительно ярких и интересных выступлениях его на научных собраниях института при обсуждении физической природы и механизма явлений, происходящих при фазовых превращениях в сплавах. Очень хорошо это описано в воспоминаниях о Владимире Ивановиче одного из его учеников, академика В.М. Счастливецва.

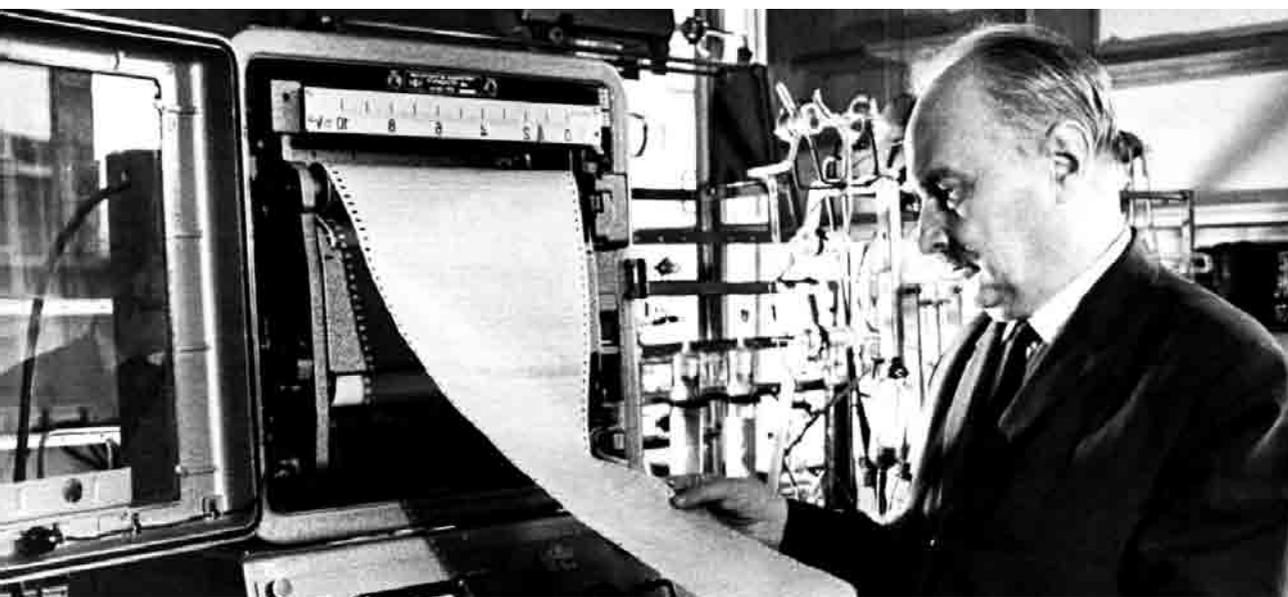
Надо сказать, что в ИФМ в те, и даже в более поздние времена еженедельно проходили научные собрания института, на которых должны были присутствовать все тогда еще немногочисленные научные сотрудники. На этих собраниях обсуждались многие злободневные научные вопросы. Часто украшением этих собраний была научная дискуссия, разворачивавшаяся между профессорами Владимиром Ивановичем Архаровым, позднее – академиком Национальной академии наук Украины, и Виссарионом Дмитриевичем Садовским, заведующим лабораторией физического металловедения, позднее – академиком АН СССР. При обсуждении многих научных вопросов эти два профессора часто отстаивали различные точки зрения на предмет дискуссии. Иногда создавалось впечатление, что это делается специально, чтобы можно было для окружающих осветить вопрос со всех сторон. Эти публичные обсуждения приносили истинное наслаждение научным сотрудни-

кам. Поначалу мне, да и многим другим слушателям казалось, что после «уничжительной» критики какого-то научного положения соперники на долгие месяцы прекратят всякое общение между собой. Но нет, после завершения трудового дня они садились в одну машину и ехали в один и тот же большой дом, где жили многие ведущие сотрудники института. Польза от этих дискуссий для слушателей была колоссальная, так как оба оратора обладали громадной эрудицией и немалым артистизмом. Но и для ораторов польза от научных связей была обоюдной.

### «Донецкий период»

В 1965 г. В.И. Архаров, один из ведущих ученых в области физического материаловедения, получил приглашение руководства Академии наук Украины и дал согласие принять участие в развитии академической науки в крупнейшем угольно-промышленном регионе Украины – Донбассе. В декабре 1965 г. он был избран действительным членом Академии наук УССР. Тогда же в Донецке состоялось открытие этого Научного центра и одного из его основных институтов – Донецкого Физико-технического института Академии наук Украины, основателем и первым директором которого стал академик А.А. Галкин.

Цель создания Донецкого научного центра заключалась в необходимости приближения фундаментальной академической науки к развитию крупнейшего промышленного региона угольной и металлургической промышленности Украины – Донбасса, создании крупного центра академической науки и воспитания национальных научных кадров. При решении задачи использовались опыт и схема, примененные А.Ф. Иоффе при организации центра физической науки в Ленинграде, а потом и на Урале. Одновременно с ДонФТИ был создан физический факультет в Донецком университете, на котором ведущие ученые ДонФТИ вели преподавательскую работу по подготовке научных кадров для института, а наи-



В отделе перекристаллизации

более способные студенты привлекались к исследовательской работе в лабораториях института.

Вскоре В.И. Архаров с группой учеников, высококвалифицированных ученых физиков, переезжают с Урала в Донецк. Он создает в Донецком физико-техническом институте «Сектор металлургической физики», в составе которого им было организовано четыре отдела, возглавляемых физиками-уральцами:

отдел перекристаллизации (рук. В.И. Архаров),  
отдел внутренней адсорбции (рук. С.Д. Вангенгейм),  
отдел реакционной диффузии (рук. В.Н. Богословский),  
отдел микронеоднородностей конденсированных фаз (рук. И.А. Новохатский).

На физическом факультете ДонГУ В.И. Архаров создал выпускающую кафедру рентгенометаллофизики (РМФ), возглавляемую им по совместительству с 1966 по 1971 гг. (с 1966 по 1979 гг. В.И. Архаров – профессор ДонГУ).

Эти условия позволили существенно расширить общий фронт исследований, выполняемых под руководством В.И. Архарова, по дальнейшему развитию физических принципов эффективного регулирования структуры металлических материалов и их использованию в промышленности.

В 1975 г., при поддержке президиума АН Украины и лично ее президента академика Б.Е. Патона, В.И. Архаров вместе с директором Киевского института проблем материаловедения академиком В.И. Трефиловым организовали в Донецке небольшой филиал этого института – отдел микролегирования стали. Владимир Иванович привлек для работы в отделе своих учеников из университета и некоторых сотрудников из прежнего отдела на физтехе и занялся исследованиями по тем проблемам, которые ему не удалось в полной мере осуществить в ДонФТИ.

«Открытие в ИПМ отдела под руководством академика В.И. Архарова означало по сути открытие нового научного направления, непосредственно связанного с фундаментальными проблемами большой металлургии, в частности с созданием нового поколения хладостойких сталей для труб большого диаметра» (В.В. Скороход, академик НАНУ, директор ИПМ НАН Украины).

Однако это совпало по времени с приходом в институт академика В.И. Трефилова (нового директора института и вице-президента Академии наук Украины).

«Научные идеи В.И. Архарова оказались удивительно созвучными с представлениями о роли сегрегации примесей на внутренних поверхностях раздела в формировании механических свойств тугоплавких металлов с ОЦК-решеткой, активно развиваемыми школой В.И. Трефилова» (В.В. Скороход).

В основу научного направления отдела положены изучение механизма явлений межкристаллитной внутренней адсорбции и исследование его для рационального микролегирования стали в целях создания хладостойких сталей, предназначенных для конструкций транспортного машиностроения и магистральных трубопроводов. Установлен механизм межзеренного охрупчивания стали и разработано дополнительное микролегирование низкоуглеродистых литых сталей весьма малыми количествами ванадия, азота и кальция. В результате была создана новая сталь для вагоностроения северного исполнения, внедрение которой на Уралвагонзаводе (г. Нижний Тагил) позволило получить внушительный эконо-

мический эффект. Кроме того, были выданы рекомендации по рациональному микролегированию трубной стали кальцием, эффективно повышающим ее хладостойкость. Но применение таких рекомендаций в промышленных условиях Украины требовало дополнительной тщательной разработки этих технологий, чем и стал заниматься отдел микролегирования под руководством Владимира Ивановича в последующие годы.

Сегодня идеи В.И. Архарова общепризнаны в науке во всем мире, а современное металлургическое производство невозможно представить без микролегирования. В его победном шестии немало важная роль принадлежит Макеевскому отделу микролегирования стали – последнему научному детищу Владимира Ивановича.

Сотрудники отдела провели много совместных работ с другими научными институтами – ЦНИИЧМ и ВНИИ-Газ (Россия), ИЭС НАН Украины, а также с заводами – ОАО «МК Азовсталь», «ММК им. Ильича» в г. Мариуполе, Харьцызским трубным заводом и др. На основе этого плодотворного сотрудничества были разработаны принципы комплексного микролегирования, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии ввода микродобавок на разных этапах производства стали.

Результатом всей этой многолетней работы, которую ученики Владимира Ивановича, продолжая развивать его идеи, проводили и заканчивали уже без него, ... явилась комплексная научная работа «Разработка теоретических основ и широкомасштабное внедрение способов повышения свойств конструкционных сталей микролегированием порошковыми проволоками с высокоактивными реагентами», удостоенная Государственной премии Украины в области науки и техники за 1999 год (А.И. Троцан).

«Несомненно, он очень любил физику, любил своих учеников, умел и любил читать лекции, щедро делился своими знаниями со своими учениками. С этими его качествами связано то, что В.И. Архарову удалось создать свою научную школу не только в Свердловске (Екатеринбурге), но и в Донецке. О С.Д. Вангенгейм



Беседа с Виктором Николаевичем Богословским



Академики В.И. Архаров, Б.Е. Патон, А.А. Галкин (Очередной приезд Б.Е. Патона в ДонФТИ. Есть о чем рассказать Борису Евгеньевичу)

я уже упоминал. Мне приятно отметить активную творческую работу и другой его ученицы – доктора физ.-мат. наук Татьяны Константиновой, которая сейчас является одним из ведущих ученых Донецка (В.Г. Баряхтар).

Человек яркого творческого дарования, блестящий ученый, один из организаторов физической науки на Украине и создателей Донецкого научного центра – его исследования способствовали развитию в Донецком регионе новых, перспективных направлений науки.

В.И. Архаровым была создана научная школа: под его руководством выросли кандидаты и доктора наук, которые до сих пор работают на благо Донбасса и Украины.

В 1982 г., в 75-летний юбилей, В.И. Архаров был награжден орденом Красного Знамени.



75-летний юбилей. Вручение Ордена «Красного знамени»

За период деятельности института (ДонФТИ НАНУ) в нем организовались, окрепли и продолжают успешно работать научные школы, известные в Украине и за рубежом. Одна из них это научная школа мезоскопических явлений в твердых телах. Основатель школы – академик НАН Украины Владимир Иванович Архаров.

В.И. Архаров широко известен в научном мире трудами в области физики твердого тела и физического материаловедения. Его вклад в науку обозначен целым рядом новых направлений, которые вошли в классические анналы фундаментальной физики:

– именно он впервые ввел в науку представления о коллективных элементарных актах и эстафетной передаче энергии активации в процессе диффузии и рекристаллизации и показал возможность кластерного механизма реакционной диффузии в твердых телах;

- он ввел представления о квазиравновесной неоднородности твердых тел, о явлении межкристаллитной внутренней адсорбции растворенных компонентов и примесей и установил роль этих явлений в формировании свойств материалов;
- им создана и развита концепция мезоскопического рассмотрения явлений в твердых телах с введением характерных структурных масштабов, при которых элементарные акты рассматриваемых явлений становятся коллективными.

Школа академика В.И. Архарова находит свое продолжение в работах его многочисленных учеников, в частности тех, кто плодотворно трудится в Донецком физико-техническом институте. Используя основополагающие идеи своего учителя, они идут дальше, углубляя и развивая их для исследования новых, пока еще недостаточно изученных областей науки.

Так, доктор физ.-мат. наук Т.Е. Константинова, заведующая отделом физического материаловедения, основываясь на развитых в работах Владимира Ивановича Архарова представлениях о межкристаллитной внутренней адсорбции примесей в твердых растворах, исследует эффекты обогащения поверхностей оксидных наночастиц и зерен в керамике. В сотрудничестве с коллегами ею предложен новый мезоскопический механизм деформации, заключающийся в образовании дипольных локальных изгибов кристаллической решетки. Исследуя формирование оксидных нанопорошков, их синтез и спекание, сотрудники отдела рассматривают объекты с мезоскопических позиций, что позволяет наиболее адекватно описывать поведение наночастиц в различных условиях.

Доктор технических наук, профессор В.П. Пашенко (отдел физики дефектных твердых растворов), используя представления В.И. Архарова о мезоскопических явлениях в твердых телах, изучает механизмы дефектообразования и формирования свойств при синтезе и спекании наноструктурных металлооксидных материалов, применяемых в электронной технике.

Ведущий научный сотрудник института, доктор физ.-мат. наук З.А. Самойленко, основываясь на представлениях Владимира Ивановича о формировании мезоскопического порядка в случаях полного или частичного нарушения дальнего порядка в твердых телах, занимается исследованиями закономерностей структурных превращений в кластеризованных материалах.

Идеи В.И. Архарова не потеряли своей актуальности и сегодня, они продолжают служить прогрессу в разных областях современного материаловедения (В.Н. Варюхин).

## Научное наследие

В.И. Архаров построил структурную теорию процесса высокотемпературного окисления металлов, позволившую сформулировать общий принцип жаростойкости железных сплавов, научно обосновать состав жаропрочных сталей и высококачественных сплавов, работающих в условиях высоких температур.

В.И. Архаров первым (в 1945 г.) открыл явление внутренней адсорбции растворенных компонентов сплава на неоднородностях и структурных дефектах в твердых телах – межкристаллитной внутренней адсорбции в твердых телах, детально исследовал и описал его природу.

Он впервые ввел представление о коллективных элементарных актах в диффузионных процессах и показал возможность кластерного механизма реакционной диффузии, построил детальную картину структурной перестройки решетки при мартенситном превращении в стали и углубил существующие представления о механизме и кинетике мартенситного превращения в металлах и сплавах.



Дома

Он первым (в 1980 г.) ввел представление о мезоскопических (коллективных) явлениях в твердых телах и обосновал их определяющую роль в формировании многих макроскопических свойств твердых тел.

В последние годы Владимир Иванович начал писать монографию, которую задумал давно, – «Физическое металловедение в свете диалектических закономерностей». В ней он подошел к рассмотрению всех этих вопросов с единых позиций законов диалектики – постарался установить их взаимосвязи и взаимозависимости. Он работал над

ней несколько лет. Физика и философия переплетались в ней очень тесно. К сожалению, однако, по многим причинам она не была издана при его жизни.

В.И. Архаров создал в Донецком ФТИ научную школу мезоскопических явлений в твердых телах, известную не только в Украине, но и за рубежом, деятельность которой продолжается в работах его учеников. Идеи В.И. Архарова не потеряли актуальности и сегодня, они продолжают служить прогрессу в разных областях современного материаловедения.

К 100-летию со дня рождения Владимира Ивановича Донецким физико-техническим институтом была проведена международная научная конференция «Мезоскопические явления в твердых телах» (26.02 – 01.03 2007, Донецк), куда съехались ученики и последователи В.И. Архарова из Украины, Казахстана, России, Белоруссии. Программа конференции открывалась кратким изложением наиболее существенных научных достижений, определяющих его вклад в физику материаловедения.

В списках научных трудов Владимира Ивановича Архарова насчитывается около 500 публикаций в области физики твердого тела и материаловедения. Наиболее известными являются введенные им представления:

- 1) о коллективных элементарных актах и эстафетной передаче энергии активации при диффузии и рекристаллизации;
- 2) о возможности кластерного механизма реакционной диффузии, заключающегося в кооперативных структурных перестройках в слоях продуктов реакции;
- 3) об особенностях механизма мартенситного превращения;
- 4) о квазиравновесной неоднородности твердых тел и о межкристаллитной внутренней адсорбции растворенных компонентов и примесей;
- 5) о явлении конкуренции адсорбционно-активных примесей в сплавах;
- 6) о мезоскопических явлениях, для которых характерны коллективные эффекты в поведении отдельных элементов систем (атомов, вакансий, примесей, дислокаций и т.д.).

Повествование «о жизни и научной деятельности крупного физика-материаловеда, академика Национальной академии наук Украины, одного из создателей Донецкого научного центра» уместно завершить словами президента НАН Украины Бориса Евгеньевича Патона, написанными им в предисловии к книге «Путь ученого» – «К 100-летию со дня рождения академика В.И. Архарова».

В.И. Архаров – выходец из знаменитой ленинградской физической школы, созданной усилиями всемирно известного физика-экспериментатора академика Абрама Федоровича Иоффе. Через всю жизнь пронес Владимир Иванович черты, которые отличали представителей этой школы, – безграничную преданность науке и неустанные поиски истины.

Урал и Донбасс – с этими крупнейшими регионами связаны основные этапы научной деятельности В.И. Архарова, и каждому из них он отдал около 30 лет своей творческой жизни. На Урале им были начаты разносторонние работы по исследованию диффузии, в том числе окисления металлов, и адсорбции примесей в твердых растворах. Полученные в этот период фундаментальные результаты принесли ему широкую известность. В Донецком физико-техническом институте Владимир Иванович продолжил свои исследования по изучению кристаллической структуры и свойств твердых металлических растворов. Важно, что выводы, к которым приходил Владимир Иванович, всегда использовались им для выработки практических рекомендаций по улучшению качества реальных конструкционных материалов и совершенствованию металлургических процессов.

Под руководством В.И. Архарова были созданы основы новой технологии выплавки и обработки стали с использованием микролегирования кальцием, который обеспечивал ее высокую хладостойкость и прочность. Он впервые ввел представление о мезоскопических явлениях в твердых телах и обосновал их определяющую роль в формировании многих макроскопических свойств твердых тел.

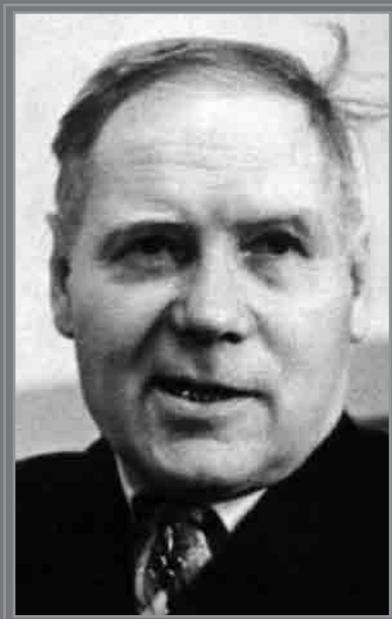
За время работы в Свердловске (ныне Екатеринбурге) и Донецке Владимир Иванович воспитал и подготовил к самостоятельной работе не одно поколение физиков (среди них свыше 40 кандидатов и 15 докторов наук), многие из которых выросли в известных ученых. Идеи В.И. Архарова находили и находят дальнейшее развитие в его учениках. Более того, в них он сумел воспитать именно те качества, которыми должен обладать истинный ученый: логику рассуждений, ясность мышления, высокую принципиальность (Б.Е. Патон).

*В.О. Есин, И.В. Архарова, Т.Е. Константинова*

*Авторы благодарят А.В. Василенко за подготовку электронного варианта фотографий, приведенных в этой статье.*

### Список литературы

1. Архаров В.И. Окисление металлов при высоких температурах. Свердловск–М.: Металлургиздат, 1945. 171 с.
2. Архаров В.И. Газовое хромирование // Труды ин-та металлофизики и металлургии. Вып.4. Свердловск: Изд-во Уральского филиала Академии наук СССР, 1945. 76 с.
3. Архаров В.И. Кристаллография закалки стали. Свердловск–М.: Металлургиздат, 1951. 143 с.
4. Архаров В.И. Теория микролегирования сталей. М.: Машиностроение. 1975. 61 с.
5. Архаров В.И. Мезоскопические явления в твердых телах и их мезоструктура // Проблемы современной физики: Сб. статей к 100-летию со дня рождения А.Ф. Иоффе. Л.: Наука, 1980. С. 384 – 409.
6. Архаров В.И. Физическое материаловедение в свете диалектических закономерностей. Донецк, 1983. (Не опубликовано)



---

## Рудольф Иванович Янус: научная биография

Январским морозным утром человек надел лыжи и отправился на прогулку. Это была именно прогулка, потому что человек не отличался атлетическим сложением, скорее он был тяжеловат, сутулился. Вернувшись с прогулки, он почувствовал себя плохо. Это обнаружила жена, спросила, не вызвать ли скорую помощь? «Нет-нет, – сказал человек. – Сегодня воскресенье, люди отдыхают. Не надо никого беспокоить». Когда жена через полчаса вошла в комнату, человек всё так же сидел в кресле, но он был мёртв. Так скончался в возрасте 63 лет выдающийся учёный, создатель российской школы неразрушающего контроля профессор Рудольф Иванович Янус. «Не надо беспокоить людей» – это, по-видимому, были его последние слова.

Я, Рудольф Иванович Янус, родился в 1903 г. в деревне Ново-Эстонское общество Новосельского сельсовета Окуловского района Новгородской области в семье крестьянина-середняка. Образование получил сперва в местной земской школе (3 года обучения), а затем в так называемом двухклассном министерском училище (ещё 3 года). Окончилась эта учеба в 1916 году. После этого я работал как крестьянин в хозяйстве своих родителей.

В 1919 году, в период острого недостатка учителей, я как наиболее грамотный подросток в данной деревне был назначен учителем в первый класс местной начальной школы. Проработав здесь зиму, я на лето был отправлен на краткосрочные педагогические курсы, а оттуда – в Псковский институт народного образования для повышения квалификации. После ликвидации этого института в 1923 году я был переведен в Тверской педагогический институт, который окончил в 1925 году по физико-математическому отделению, получив специальность преподавателя средней школы по физике и математике.

Здесь мы можем дополнить автобиографию Р.И. Януса некоторыми документами. У нас есть копия свидетельства, выданного ему в связи с окончанием Тверского педагогического института по физико-математическому

---

отделению, о том, что гражданин Р.И. Янус «прослушал теоретические курсы и выполнил практические занятия по дисциплинам, перечисленным в перечне настоящего свидетельства». В декабре 1925 г. гр-н Янус Рудольф Иванович подвергался испытаниям в государственной Квалификационной комиссии и защитил квалификационную работу на тему «Какие вопросы электротехники можно рассматривать в школе II степени».

Теперь обратим внимание на тот самый перечень прослушанных Р.И. Янусом теоретических курсов и выполненных практических занятий. Должны признаться, что Тверской педагогический институт давал прекрасную путёвку в жизнь его выпускникам. Перечень включал 44 наименования. Конечно, там были исторический материализм и политическая экономия, но основные курсы всё-таки – высшая алгебра, теория чисел, интегральное исчисление, теоретическая физика, опытная физика, оптика и т.д. Всё познал Р.И. Янус и всё это ему пригодится.

Что-то влечёт его к научно-исследовательской деятельности. Уже в 1928 г. в «Известиях Тверского педагогического института» опубликована его научная статья (первая) «Номограмма к мостику Уитстона». В том же 1928 г. для повышения квалификации он был направлен в Ленинградский физико-технический институт.

Вернёмся снова к автобиографии.

Ещё во время учёбы в институте в 1924 г. я поступил на работу в качестве лаборанта при физической лаборатории института. В этой должности я продолжал работать и после окончания учебы, вплоть до 1928 г. Одновременно я вёл в небольших размерах педагогическую работу по совместительству в других учреждениях Твери.

В 1929 г. я перешёл на научно-исследовательскую работу в магнитный отдел Ленинградского физико-технического института.

Таков стиль Р.И. Януса: «вёл в небольших размерах», «перешёл». Взял да перешел. А ЛФТИ был лучшим физико-техническим институтом страны! И он не просто перешёл, а был приглашен туда после прохождения стажировки.

Со стажировкой ему, пожалуй, сильно повезло: он проходил её в магнитном отделе под руководством Я.Г. Дорфмана, только что выполнившего блестящую работу (1927 г.), в которой доказал немагнитную природу молекулярного поля Вейсса. Ещё раньше (1924 г.) Я.Г. Дорфман доказал, что атомные восприимчивости диамагнитных металлов меньше, чем атомные восприимчивости их ионных газов, т.е. электроны проводимости (а именно это отличает металл от газа) обладает заметным парамагнитным эффектом. В 1927 г. Паули, используя квантовую статистику Ферми–Дирака, теоретически подтвердил этот результат.

Так что Р.И. Янус попал в самую гущу работ по ферромагнетизму, и Я.Г. Дорфман предложил ему самую актуальную в то время тематику по изучению ферромагнетизма разных веществ.

Янус оправдал надежды своего руководителя.

Всего по тематике, предложенной Я.Г. Дорфманом, Р.И. Янус сначала с Я.Г. Дорфманом, а затем с сотрудниками (Я.С. Шуром, В.И. Дрожжиной) опубликовал 8 статей. В своё время результаты этих работ внесли существенный вклад в понимание природы ферромагнетизма. Например, в работах с Я.Г. Дорфманом был чётко сформулирован вопрос: «Какие электроны ответственны за ферромагнетизм металлов: те ли электроны, которые движутся исключительно внутри атомов,

или же элементарными магнитиками являются так называемые свободные электроны, блуждающие между атомами?». Ответ на этот злободневный вопрос авторы ищут с помощью исследования термоэлектрических свойств термоэлемента, состоящего из ферромагнитного металла А и неферромагнитного металла В. Нужно было измерить скачок теплоёмкости вблизи температуры Кюри, причем  $\Delta C = C_A - C_B$  по теории Томсона определяет скачок так называемой «теплоёмкости электронов», его можно сравнить со скачком теплоёмкости атомов, измеренным калориметрически. Понятно, что в экспериментальном плане эта задача весьма сложная, причём погрешности измерений должны быть сведены к минимуму. Экспериментальная установка – а нет сомнений, что ею занимался именно Р.И. Янус – поражает своей простотой и возможностью получить точное значения  $\Delta C$ , что само по себе является важным.

Измерения позволили обнаружить скачок  $\Delta C$  в никеле и железе вблизи точки Кюри, и этот результат является приоритетным и точным.

Следующие несколько работ выполнены уже без участия Я.Г. Дорфмана, но несомненно им инициированы. В частности, это работа Р.И. Януса и Я.С. Шура «К вопросу о характере связи в молекуле СО». На первый взгляд кажется естественным предположение о том, что в молекулах оксида углерода атомы С и О связаны простой двойной связью. Однако эффективные радиусы этих атомов, вычисленные Паулингом, указывают, что в твёрдой решётке СО имеет место тройная связь. О характере химической связи можно судить по магнитной восприимчивости. Для её измерения была создана установка, так что и эти измерения стали легко выполнимыми в любой лаборатории и могли быть широко использованы для массовых физико-химических исследований. В результате исследования показано, что «магнитные свойства СО безусловно отвергают наличие двойной связи и так же, как результаты измерений эффективных радиусов атомов в решётке СО и энергии диссоциации молекулы СО, говорят в пользу величин тройной или даже четверной связи». Эта статья 1934 г. между прочим поступила уже из Уральского ФТИ, хотя и из Ленинграда.

В 1935 г. в журнале экспериментальной и теоретической физики опубликована статья Я.С. Шура и Р.И. Януса «Магнитная восприимчивость паров брома» все из той же серии задач, поставленных Я.Г. Дорфманом. Опять здесь важнейшей частью работы оказалось экспериментальная установка, и снова она была выполнена на высоком уровне. «В этом приборе не имеется ни одной подвижной и механической детали, что обеспечивает возможность сохранения вещества в чистом виде». Вывод: «...теория в общем виде достаточно хорошо совпадает с экспериментальными данными». Теория Паулинга, Слетера и Ангюса, а экспериментальные данные Р.И. Януса и Я.С. Шура. При этом Янус и Шур несут полную ответственность за экспериментальные результаты – это доказано в их статье «Новый способ определения магнитной восприимчивости газов и паров» (Доклады АН, 1934. Т. II, №8).

И вдруг.

И вдруг неожиданно для нас в ЖТФ (Журнале технической физики. 1933. Т. III, вып. 8) появляется статья Р.И. Януса (одного Януса, без соавторов) «Новый метод определения магнитных констант небольших образцов электротехнических материалов». «Любовь» к этой тематике (свойства электротехнических материалов) сохранится у него на всю оставшуюся жизнь. Но почему она возникла в 1933 г.

в пору прекрасных работ по исследованию основ ферромагнетизма? Трудно сказать. Известно только, что 7 сентября 1932 г. вышел приказ №17 по УрФТИ следующего содержания.

За подлинно ударные темпы, проявленную инициативу и достижение весьма ценных результатов в работе по установлению и разработке метода определения ваттных потерь в малых пластинках трансформаторной стали, ведущейся согласно договора с Верх-Исетским заводом им. т. Кабакова, дающей заводу сильнейшее орудие в борьбе за повышение качества продукции и обеспечивающей экономию сотен тонн трансформаторного металла в год, а также за работу по предварительному определению разницы между трансформаторной сталью, отожженной в цеху и в лаборатории ВИЗа, методом рентгеновского анализа, премировать следующих тов. тов.:

1. Н-ка бригады Магнитных явлений т. ЯНУСА Р.И. в размере 500 руб.
2. Инженера бригады Магнитн[ых] явлений т. ШУР Я.Ш. в размере месячной зарплаты.
3. Лаборанта бр[игады] Магнитн[ых] явлений т. КАЦУК И.П., в размере месячной зарплаты.

Может быть, инициатор этих работ Я.С. Шур? Вряд ли. Он появился у Р.И. Януса 29 марта 1932 г., а приказ «за подлинно ударные темпы...» вышел уже 17 сентября.

В статье Р.И. Януса, опубликованной в 1933 г., описана придуманная им установка для съемки в переменном магнитном поле кривой намагничивания и измерения ваттных потерь для небольших образцов (около 30 г) листовой электротехнической стали; обсуждаются возможные ошибки этой установки и упрощения, допустимые при измерениях с технической точностью. Р.И. Янус пишет в статье, что аналогичной проблемой занимались в Германии Герман, Нейман и Пфаффенбергер, но в Уральском физико-техническом институте «ещё до появления работ вышеназванных авторов разработан самостоятельный метод испытания малых образцов».

Эта статья (как и все статьи Р.И. Януса) является очень обстоятельной, и ЖТФ не поскупился отвести на неё 17 страниц текста! Как всегда кроме описания самой установки значительное место (5.5 страниц) уделено анализу погрешностей. Любопытна последняя фраза статьи: «Предложенное в этой работе приближение проверялось нами на обширном опытном материале и оказалось вполне допустимым при заданных в начале главы границах погрешностей».

Статья действительно состоит из нескольких «глав», и последняя из них называется «Упрощения при технических измерениях». В этом весь Янус – важно снабдить промышленность не только точным, но и недорогим и быстрым способом измерения.

Между тем в структуре ЛФТИ случились некоторые (весьма существенные) перемены.

Академик А.Ф. Иоффе 20 января 1932 г. подписал приказ по Ленинградскому физико-техническому институту о выделении из состава ЛФТИ группы Уральского физико-технического института, в котором зам. директора назначался Я.Г. Дорфман (директора не было) и было обозначено четыре группы. Группу №1 – магнитные и электрические измерения – возглавлял Я.Г. Дорфман, в неё вошли И.К. Киоин, Р.И. Янус (ст. инженер), М.Н. Михеев (научный аспирант).

Таким образом, Я.Г. Дорфман и Р.И. Янус могли продолжать сотрудничество, теперь в составе УрФТИ, который продолжал оставаться в Ленинграде (до 1935 г.).

В группу Я.Г. Дорфмана на производственную практику 16 марта 1932 г. были зачислены студенты ЛГУ А.А. Смирнов и С.В. Вонсовский, а 29 марта к ним (практикантами) присоединились М.М. Носков и Я.Ш. Шур.

В исполнение обязанностей директора УрФТИ 2 июля 1932 г. вступил М.М. Михеев, а Я.Г. Дорфман остался в должности зам. директора.

В структуре УрФТИ 1 января 1937 г. появляется отдел магнитных явлений из шести человек, заведующий – Р.И. Янус. С этого момента и до конца жизни он руководил этим отделом, который, впрочем, менял и названия, и статус, и количество и качество сотрудников. Например, в 1936 г. все отделы института были преобразованы в лаборатории. Последнее название лаборатории Р.И. Януса – лаборатория технического электромагнетизма.

В 1935 г. первая группа сотрудников УрФТИ переехала в Свердловск. Их было 13 человек, и первым в приказе о переезде был назван Р.И. Янус. Этот год ознаменовался ещё одним важным событием – по совокупности опубликованных работ Р.И. Янусу постановлением Высшей аттестационной комиссии была присуждена учёная степень кандидата физико-математических наук.

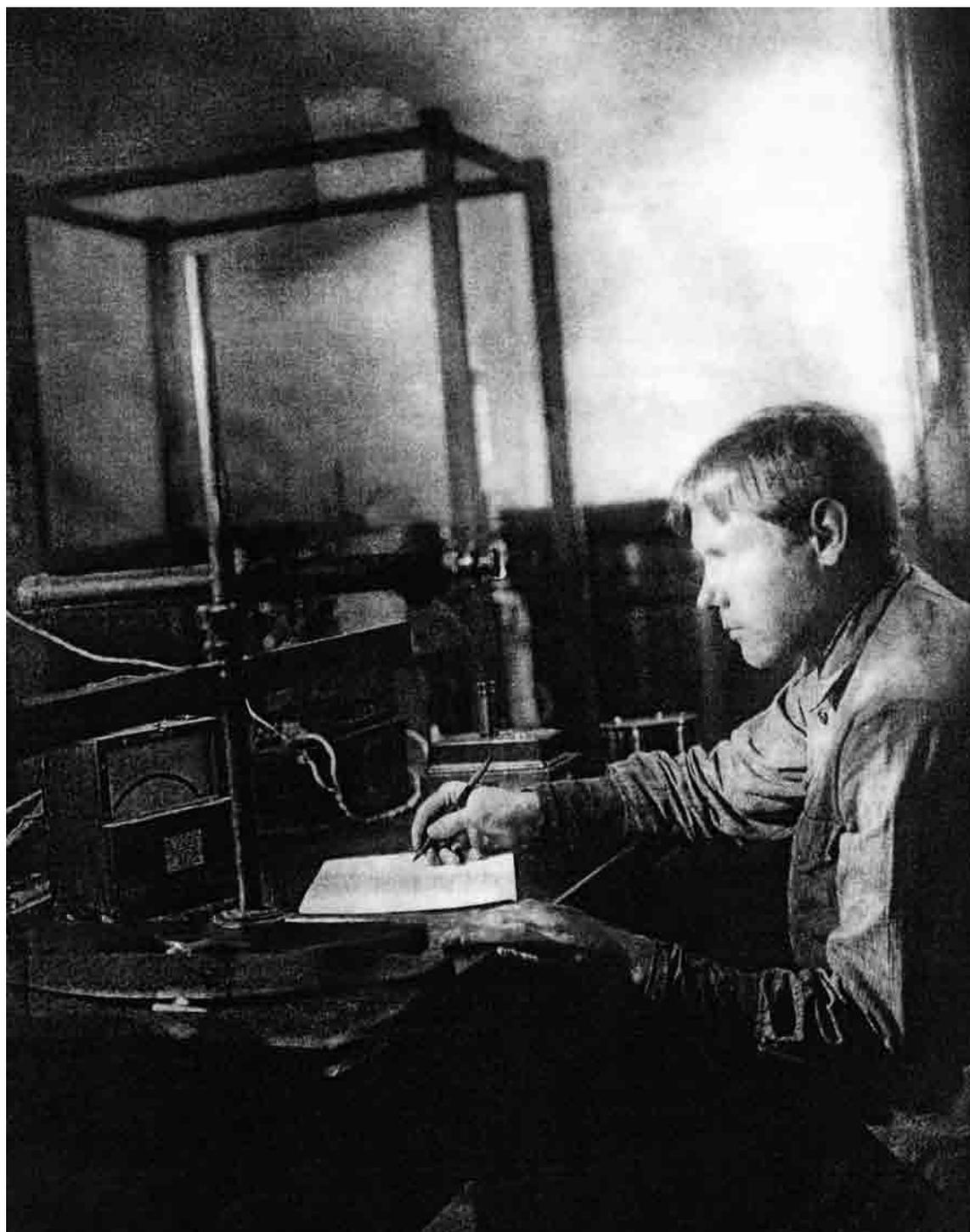
Ещё один любопытный факт из 1935 г. Цитируем выписку из протокола №42/108 заседания Высшей аттестационной комиссии от 11 декабря 1935 г. «Слушали: Об утверждении Януса Рудольфа Ивановича (Ленинград, Уральский Физико-технический институт) в учёном звании действительного члена Института. Постановили: Утвердить Януса Р.И. в учёном звании действительного члена Института по специальности "Магнитная дефектоскопия". Председатель ВАК Г.М. Кржижановский».

Здесь неясно, какого Института и почему Ленинград, – ведь Р.И. Янус был уже в Свердловске. Но ясно, что Р.И. Янус начал деятельность на Урале кандидатом наук и по специальности «Магнитная дефектоскопия».

Ещё в Ленинграде среди сотрудников УрФТИ шла жаркая дискуссия, которую окрестили так: чем перспективнее заниматься – солями или сталями. Будущий директор ИФМ Михеев Михаил Николаевич отвечал на этот вопрос однозначно: сталями! Р.И. Янус, как видно из его публикаций, занимался и солями и сталями, но вот стоило ему переехать на Урал, как соли начали исчезать, а стали – занимать главное место в его жизни.

В Свердловске Р.И. Янус завершил и опубликовал в ЖТФ (1938 г.) основополагающую статью, которую назвал «Некоторые расчеты по магнитной дефектоскопии».

Вспомним, что ещё в 1932 г. Р.И. Янус занялся магнитными свойствами трансформаторной стали и вместе с Я.С. Шуром, организовал контроль ваттных потерь в трансформаторной стали на Верх-Исетском заводе – в г. Свердловске (!). Но там речь шла о малых пластинках! Теперь, став «свердловчанином», Р.И. Янус постарался глубоко вникнуть в особенности производства трансформаторной и динамной стали и требования к её качеству. Он сразу же стал своим человеком в лаборатории магнитных измерений ЦЗЛ ВИЗа. Здесь у него нашлись и последователи и помощники, с одним из которых – В.В. Дружининым – Рудольф Иванович выполнил и опубликовал несколько интересных работ: «О магнитных характеристиках стали для радиоаппаратуры» (1940), «Неоднородность ферромагне-



Р.И.Янус в лаборатории, конец 1930-х гг.



Р.И.Янус, 1937 г.

тиков как причина дополнительных потерь энергии при их перемагничивании» (1947), «Об анизотропии магнитной восприимчивости монокристаллов кремнистого железа в области слабых магнитных полей» (1950) и ряд других.

Но это позже, а в 1938 г., ознакомившись с работами ЦЗЛ и став её научным консультантом, Р.И. Янус обратил внимание на одно из «узких» мест в обеспечении качества электротехнической стали и сформулировал необходимость их испытаний на целых листах. Дело в том, что определение магнитных свойств листовой электротехнической стали по общепринятому способу Эпштейна требует разрезки 10 кг проверяемого материала на стандартные полоски размером 500х30 мм. Р.И. Янус: «и вследствие малости своих размеров эти полоски уже не могут быть использованы в качестве полноценного технического материала. Таким образом, в процессе испытания погибает 1–2% всего выпускаемого металла, и ежегодные убытки от этого составляют по СССР больше полумиллиона рублей». Нам, конечно, неизвестен курс рубля 1938 г., но полмиллиона – это много.

Трудность определения средних магнитных свойств отдельного листа без всякой его порчи заключается в том, что измерения придётся производить в разомкнутой магнитной цепи – в аппаратах Эпштейна она замкнута в виде квадрата. В разомкнутой цепи необходимо скомпенсировать размагничивающее поле, которое неоднородно и вблизи концов листа равно намагниченности.

Р.И. Янус предложил способы частичной компенсации размагничивающего поля, вывел ваттметровую формулу для открытого плоского соленоида и показал, что при определенных условиях она может совпадать с формулой для аппарата Эпштейна. Совместно с А.Д. Соколовым они создали аппараты цехового типа для рассортировки трансформаторной стали по ваттным потерям (мощность, расходуемая на гистерезис и вихревые токи) при частоте перемагничивания 50 Гц и амплитуде индукции 10000 Гаусс. Это был 1938 г., и вычислительной техники не было, её заменили специальные таблицы, так что с их помощью испытание одного листа удалось уложить в 2–3 минуты работы одного лаборанта. В итоге этой работы было доказано преимущество таких испытаний перед испытаниями аппаратом Эпштейна. Аппаратура была принята Верх-Исетским заводом для опытной эксплуатации. В 1958 г. совместно с В.В. Дружининым опубликована статья «Аппарат для измерения магнитных свойств электротехнической стали на целых листах» об усовершенствованной модификации аппарата 1938 г., автоматизированной.

Контроль электротехнических сталей не выпадал из поля зрения Р.И. Януса на протяжении всей его жизни. Совершенствовалось производство электротехнической стали, совершенствовались и методы её контроля. Появилась рулонная

сталь, и Р.И. Янус включился в работу по её аттестации. Результаты этой работы опубликованы, в частности, в статье «Методы измерения магнитных характеристик электротехнического железа в листах и рулонах» (ФММ, 1960).

Но вернёмся к 1930-м гг. В 1937 г. в Уральском физико-техническом институте состоялся партийно-хозяйственный актив, на котором приехавшие из Москвы начальники требовали фактически превращения научного института в прикладной, настаивали на решении чисто технических, производственных задач. Их поддержали и свои недалёковидные подпевалы.

В выступлении Р.И. Янус твёрдо заявил, что его лаборатория по-прежнему на первое место будет ставить изучение физики магнитных явлений, а на второе – возможность применения этих явлений для магнитной дефектоскопии. Сделать такое заявление было непросто: волна репрессий, прокатившаяся в то время по стране, настигла и Уральский физтех: был репрессирован руководитель теоретического отдела талантливый учёный Семён Шубин как «враг народа» (впоследствии, конечно, реабилитированный), а его отдел был ликвидирован. Оставшегося не у дел С.В. Вонсовского приютил Р.И. Янус – принял в свою лабораторию в качестве инженера (!). С.В. Вонсовский с одобрения Рудольфа Ивановича занимался теорией ферромагнетизма, впрочем, одну статью по тематике лаборатории он написал – «Простейшие расчёты по магнитной дефектоскопии». Янус поддерживал также Я.С. Шура (тоже сотрудника его лаборатории) в написании монографии «Ферромагнетизм», которая была закончена ими в 1941 г. (издана много позже – в 1948 г.).

В Свердловске Р.И. Янус завершил большую работу, начатую ещё в Ленинграде, которую опубликовал в ЖТФ под скромным названием «Некоторые расчёты по магнитной дефектоскопии» и к которой возвращался несколько раз, включив её в переработанном виде в свою монографию «Магнитная дефектоскопия» (1946 г.).

Из введения к статье хотелось бы привести одну фразу – она характеризует типичный стиль Януса: «...приводятся некоторые результаты элементарного анализа, предпринятого в связи с разработкой одного частного типа аппаратуры». «Некоторые», «элементарный», «один частный тип» – сама скромность! А речь идёт об основополагающих идеях, давших большой толчок дальнейшему развитию магнитной дефектоскопии. Это была пионерная работа в данной области и в ней рассмотрено несколько наиболее важных задач магнитной дефектоскопии.

Первая задача, рассмотренная Янусом, – поле дефекта  $H_d$  в виде полости в безграничной среде. Во многих случаях  $H_d$  удаётся представить с большой точностью через поле поверхностных магнитных зарядов некоторого фиктивного (условного) «эквивалентного магнита». Задача имеет решение (оно приводится), если дефект заменить эллипсоидом, что вполне приемлемо для внутренних дефектов.

Вторая задача – полости в ограниченных изделиях. Простейший вариант – цилиндрический канал (это и есть дефект) в цилиндре, намагничиваемом в однородном внешнем поле перпендикулярно его длине. Задача решается точно и позволяет сделать некоторые важные выводы.

Однако на практике чаще всего приходится иметь дело с плоской границей. Р.И. Янус рассмотрел поле магнитного заряда (а поле цилиндрического дефекта можно уподобить дипольной нити) внутри пластинки методом зеркальных отображений. Решение представлено в виде рядов, которые для практических целей



Р.И. Янус – руководитель секции планеристов, 1939 г.

можно ограничить 2–3 членами. Решение даёт нетривиальный результат: поле дефекта в пластинке в 2 раза превышает то, которое имело бы место в безграничной среде.

Экспериментальное подтверждение некоторых теоретических выводов Янус осуществлял с помощью магнитомеханического (он называет его пондеромоторным) искателя (якоря в виде небольшого диска из магнитомягкого материала). Кстати, частный тип аппаратуры, упоминавшийся ранее, есть установка для обнаружения внутренних дефектов в заготовках для зубчатых шестерён (для Уралмаша), где применялся именно магнитомеханический искатель, а запись сигнала производилась на фотобумагу с помощью зеркальца, укрепленного на искателе, – прототип шлейфового осциллографа. Вывод: изучение фотограмм показывает, что некоторые (!) внутренние дефекты можно выявлять «с полной однозначностью», т. е. не только наличие, но величину и положение.

Но вернёмся снова в 1938 год – ещё и потому, что у нас есть полный перечень работ, выполненных лабораторией Р.И. Януса при его непосредственном участии для нужд промышленности. Взаимодействие с производством – один из краеугольных камней деятельности Рудольфа Ивановича. Кроме того, надо понимать, что неслучайно был организован ФТИ на Урале, да ещё в период бурного строительства заводов-гигантов металлургической и машиностроительной промышленности. Янус оказался в нужное время в нужном месте.

Итак, перечень работ из отчета УрФТИ за 1938 г. с теми номерами, которые указаны в отчёте.

ТЕМА № 23. «Исследование природы и статистики распределения энергетических барьеров между областями спонтанного намагничивания в мягких ферромагнетиках».

ТЕМА № 24. «Разработка метода быстрого количественного спектрального анализа магния на содержание калия».

ТЕМА № 25. «Разработка методики и аппаратуры для испытания электротехнической стали в виде целых листов в области средних индукций».

ТЕМА № 26. «Магнитный метод контроля текстуры стали в целых листах».

ТЕМА № 27. «Определение глубинных дефектов в ободах заготовок для зубчатых шестерен».

ТЕМА № 28. «Магнитный контроль толщины неферромагнитных покрытий на стальных изделиях».

ТЕМА № 29. «Магнитный контроль структуры прутковой стали».

ТЕМА № 30. «Контроль структуры труб из шарикоподшипниковой стали».

ТЕМА № 31. «Магнитный контроль турбинных лопаток при помощи метода магнитной суспензии».

Как видим, из девяти тем от прежних («ленинградских») осталась одна, а восемь возникли из нужд промышленности Урала (и не только Урала!).

В этом же году Президиумом АН СССР по инициативе Наркомата путей сообщения, а точнее наркома Л.М. Кагановича, была предложена ещё одна тема, которая на многие годы стала ведущей для лаборатории и лично для Р.И. Януса.

Речь идет о контроле рельсов, уложенных в пути. Уже существовал дефектоскоп изобретателя Ф.М. Карпова – дрезина, колёса которой служат полюсами электромагнита, вдоль рельсов устанавливается несколько искателей магнитомеханического типа. Карпов изготовил десяток таких дрезин, выпустил кинофильм с мультипликацией и натурными съёмками, получил орден Ленина и к Лазарю Моисеевичу Кагановичу был вхож без доклада.

Но работал дефектоскоп из рук вон плохо. При скоростях, превышающих 3–4 км/ч (а это скорость пешехода), появлялось из-за тряски такое обилие ложных сигналов, что казалось, на каждом рельсовом звене имеется полсотни трещин.

Рассказывает П.А. Халилеев.

Однажды меня позвал Р.И.

Ознакомив меня вкратце с работой Карпова, Р.И. предложил мне поискать более подходящую методику.

– Может быть, индукционную? – спросил я.

– Может быть, – ответил Р.И.

На том разговор и закончился. Таков был Р.И., он никогда не засыпал своего сотрудника градом предложений и соображений. Он ставил задачу и издали присматривался, как идут дела. Сам он затратил много времени на расчеты таких поисковых устройств карповского типа (магнитомеханических), которые имели бы более высокую чувствительность к градиентам поля в области трещины и меньшую – к тряске, вибрациям.

В Учёный Совет института 29 апреля 1940 г. поступило заявление Р.И. Януса.

Желая поднять свою научную квалификацию путем более углубленной и более сосредоточенной работы над своей диссертацией, чем позволяют мне в на-

стоящее время заниматься условия моей повседневной работы, – прошу выставить мою кандидатуру на присуждение докторантской стипендии имени И.В. Сталина.

Объяснительную записку и план работы по намеченной мной теме «Исследование работы пондеромоторного индикатора, применяемого при магнитном методе обнаружения дефектов в рельсах, уложенных в железнодорожный путь» при сем прилагаю.

Учитывая, что для выполнения теоретической части намеченного плана работы по данной теме могут быть частично использованы результаты работ более общего характера, выполненных мной ранее, и что некоторая часть экспериментальной работы по этому плану уже ведется, – прошу предоставить для окончания этой работы следующие сроки.

а) на проведение и окончание первой части экспериментальных работ – 2–3 месяца;

б) На основную часть расчетно-аналитической работы (включая освоение новых расчётных методов, разработанных в последнее время для приближённого решения задач такого вида) – 3–4 месяца;

в) На завершительную часть экспериментальной работы – 3–4 месяца;

г) На обработку заключительных обобщений – 2–3 месяца.

Всего 10-12 месяцев (включая полное оформление диссертации, при условии полного освобождения от всякой работы, не входящей в индивидуальный план).

Ученый совет постановил.

Констатируя, что Р.И. Янус, работая в области физики магнитных явлений и промышленного применения магнитных методов контроля, зарекомендовал себя одним из лучших в СССР специалистов по указанным областям, – выдвинуть Р.И. Януса – кандидата физико-математических наук, действительного члена научно-исследовательского института кандидатом на назначение ему докторантской стипендии им. Сталина, установив срок выполнения диссертационной работы в 1 год, согласно его заявления.

При голосовании членов Учёного совета кандидатура Р.И. Януса проходит единогласно.

Но.

Но в 1941 г. началась Великая Отечественная война. Она не отменила работ по рельсовой дефектоскопии, наоборот, грузонапряженность железных дорог сильно возросла: на восток шли вагоны с эвакуированным оборудованием, на запад – с военным оборудованием. Увеличилась нагрузка и на учёных, появились новые задачи, такие как создание новых материалов, новой военной техники и т.д., а для лаборатории Р.И. Януса – контроль, рельсов, снарядов и других ответственных изделий. Сотрудники его лаборатории С.В. Вонсовский и Я.С. Шур успешно справлялись с задачей контроля артиллерийских снарядов магнитопорошковым методом. Сам Рудольф Иванович интенсивно работал над контролем рельсов с помощью съёмных тележек и многими другими оперативными задачами.

Приводим отрывок из книги писателя Б. Путилова о С.В. Вонсовском.

Позвонили с полигона: опять беда! У новой партии снарядов при выстреле выпадают донья. То есть доньшки, ввинченные в тыльную часть, при вылете снаряда из ствола орудия расширяются меньше, чем корпуса. И – выпадают на лету, снаряд не достигает цели, а в боевой обстановке может накрыть и своих!

Догадаться было нетрудно: эти злосчастные доньшки сделаны из другой, более мягкой стали, чем корпуса. Но как отличить те негодные донья от годных, ведь их, перемешанных, тьма! Можно, конечно, определить по строению, но не будешь же каждое доньшко рассматривать в микроскоп!

Однако, привыкнув к успехам ученых, уверовав во всемогущество науки, на заводе, даже на двух – где делали снаряды, и на том, где эти снаряды заряжались (остановились они оба, цехи были забиты снарядами, загруженные вагоны стояли: нельзя же отправлять на фронт снаряды, которые бьют по своим!), – на ученых-физиков смотрели как на единственную надежду. Их отказа бы просто не приняли, не поняли бы.

Но Вонсовский и Шур как ни ломали головы, придумать ничего не могли. Тогда они позвонили в родной институт, в лабораторию Р.И. Януса: «SOS! Спасите, Рудольф Иванович, престиж науки, а заодно и наши души!».

Янус во время войны сам был загружен выше головы, сам не вылезал из командировок, в основном на авиационные заводы, где тоже налаживал дефектоскопию деталей, но более широкого профиля.

Но, несмотря на занятость, Янус немедленно откликнулся на зов своих младших товарищей. Мгновенно оценил ситуацию и, как всегда, быстро нашел выход из тупика: да, термометродвижущая сила у бракованного и настоящего дна корпуса должны быть разного знака. И предложил гениально простую схему разбраковки этих проклятых доньев, по которой Яков и Сергей уже сами сделали ТЭП (термоэлектрический прибор), нечто вроде паяльника, измеряющего у нагретых снарядов их ТЭДС, перепад которой фиксировался милливольтметром.

Наука, их святое товарищество опять победили!..»

Шур и Вонсовский после окончания войны за эти работы были награждены боевыми орденами Красной Звезды.

Но и Янус был отмечен в войну своеобразной наградой.

«Распоряжение № 6. § 1. Заведующего лабораторией технического электромагнетизма Януса Р.И. с 1.12.43 освободить от бирочного учета явки на работу и ухода с работы. § 2. Поставить на вид за 8 минут опоздания следующим товарищам...» Дальше идут фамилии опоздавших и подпись директора института. Вот так. Одних наказывали за минутное опоздание, а Рудольфу Ивановичу Янусу даже в то суровое время разрешили свободное расписание – одному на весь большой институт! Здесь просто напомним, что у таких настоящих людей, как Янус, ответственность за свое дело и научная совесть были развиты в высочайшей степени. Он работал. Всегда...»

Во время войны широко практиковались выезды групп учёных на крупные заводы для оказания заводам всесторонней помощи. Такие командировки называли «научным десантом». Об одном таком десанте в составе восьми человек (В.И. Архаров, В.Д. Садовский, Я.С. Шур, Р.И. Янус и др.) в г. Нижний Тагил (металлургический комбинат, Уралвагонзавод) сохранилась детальная запись академика (будущего) В.И. Архарова, написанная, правда, стихами, онегинской строфой. Вот что там говорится о Янусе:

И был ещё Рудольф Иваныч.  
Он дискантом нас развлекал  
И анекдотов десять на ночь  
На сон грядущий изрекал.  
Он мастерить любил руками  
И молча мог корпеть часами,

Но господа вас упаси –  
Его о чем-нибудь спросить!  
Он три часа, по крайней мере,  
В ответ детально вам журчал  
И не иначе умолкал,  
Как выжив вас совсем за двери.  
Девиц прекрасный легион  
Оставил без вниманья он.

А вот типичный приказ того времени.

Для сведения сотрудников объявляется выписка из приказа по заводу № 29 от 27/III-44 г.

«Доктором технических наук тов. Янус Р.И., прибывшим на завод из Уральского Филиала АН СССР для работ по магнитной дефектоскопии, оказана заводу значительная помощь по разработке контроля деталей в сложных условиях. Приказываю: за оказанную помощь заводу премировать тов. Янус в сумме 1000 р.»

Директор института ММ Н.В. Деменев

Сейчас трудно представить себе, откуда в то тяжёлое время у людей нашлись силы, но Р.И. Янус и сотрудники лаборатории С.В. Вонсовский и Я.С. Шур подготовили докторские диссертации, которые успешно защитили в 1943 г. Не повезло именно Янусу – его защита не была утверждена ВАКом, и всю процедуру ему



С.В. Вонсовский, Р.И.Янус и Н.В.Волкенштейн на госэкзамене в Уральском госуниверситете, 1950-ые гг.

пришлось повторить в 1959 г. Новая диссертация называлась «Некоторые вопросы теории и техники магнитных измерений». Прибывшие на защиту оппоненты не могли скрыть своего удивления этой защитой, для них Янус уже давно был корифеем, чуть ли не академиком. К тому же свои статьи он подписывал не иначе как «профессор Янус» – учёное звание профессор было присвоено ему ВАКом в 1945 г. Защита прошла блестяще, а через полгода была утверждена ВАКом.

Из лаборатории Р.И. Януса 14 января 1944 г. выделилась лаборатория ферромагнетизма и магнитных материалов в составе Я.С. Шура (зав. лабораторией), С.В. Вонсовского, В.И. Дрожжиной, Л.А. Шубиной.

В лаборатории Р.И. Януса остались П.А. Халилеев, М.Н. Михеев, К.В. Григоров, А.Д. Соколов и Н.П. Жукова. Эти шесть человек выполняли громадный объём работ. Только за один 1944 год лабораторией технического электромагнетизма оказана научно-техническая помощь: НИИ-49, НИИ-48, Верх-Исетскому металлургическому заводу, Уральскому турбинному заводу, Кировскому заводу, Уральскому алюминиевому заводу, Свердловскому инструментальному заводу, Егоршинскому радиозаводу, Горьковскому автомобильному заводу, заводу № 356, заводу № 76, заводу № 8, Управлению Свердловской железной дороги.

Наступил 1945 год – год великой Победы. Во время войны не было опубликовано – в открытой печати – ни строчки. Всё было засекречено. Но и окончание войны не освобождало от военных заказов (секретных работ). Однако появилась возможность вернуться к своим любимым электротехническим статьям (в 1958 г. Янус напишет полемическую статью «Электротехническое «железо» или «сталь»?», где даст чёткое определение этих терминов), к общим вопросам магнитной дефектоскопии и другим мирным темам.

А за работы во время войны Р.И. Янус получит медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне» и орден «Знак Почёта» с формулировкой «За успешную научно-исследовательскую работу» (1945 г.).

Любопытный факт – в анкете в графе отношение к воинской обязанности Янус напишет: рядовой запаса, необученный.

В 1946 г. в Гостехиздате в Москве выходит его монография «Магнитная дефектоскопия». Это была первая в мире книга, которая сразу же стала настольной у всех дефектоскопистов, и не только магнитчиков. Она не утратила значения и по настоящее время, но стала библиографической редкостью. Конечно, было бы целесообразно выпустить второе издание и значительно большим тиражом, но, к сожалению, Р.И. Янус не успел этого сделать.

В монографии приведено полное и научно аргументированное описание теории и практики магнитной дефектоскопии, даны четкие ответы на сложнейшие вопросы, возникающие при дефектоскопировании. В ней дано научное обобщение наиболее важных и общих вопросов физики магнитных измерений в применении к проблемам дефектоскопии; указано, какие магнитные характеристики и в каких случаях следует использовать при дефектоскопировании, какие методы измерений магнитных характеристик наиболее целесообразно применять; обозначены основные принципы построения разных типов дефектоскопов. Эта монография заложила основу научного подхода к решению практических задач дефектоскопии. Р.И. Янус и его последователи многое сделали для создания различных типов дефектоскопов и внедрения их в заводскую практику. Можно без преувеличения сказать, что профессор Янус впервые создал строгую физическую

теорию магнитной дефектоскопии, на основе которой были построены и внедрены различные типы дефектоскопов.

В 1948 г. под редакцией Р.И. Януса вышел сборник трудов Института физики металлов, посвящённый магнитным методам контроля. Заглавную статью этого сборника Р.И. Янус посвятил классификации и терминологии в магнитной дефектоскопии, считая не требующей доказательств полезность «удобной, чёткой и выразительной терминологии для любой отрасли науки и техники». Классификация методов, предложенная Р.И. Янусом, применяется и поныне, а вот один из терминов не прижился: Р.И. Янус разделил магнитную дефектоскопию на три раздела: магнитную каверноскопию, магнитную структуроскопию и магнитную толщинометрию. Термин каверноскопия не прижился (уж очень напоминает «сквернословие»), и сам автор в дальнейшем заменил его на «разрывоскопия» – и этот термин не прижился, приходится использовать три слова: обнаружение нарушений сплошности.

В обстоятельной статье «Некоторые вопросы теории магнитной дефектоскопии» он развил основные идеи довоенной работы на ту же тему и выдвинул новые, в частности об объёмных магнитных зарядах. Оценка действия объёмных магнитных зарядов показывает, что их величина при определённых условиях может быть сравнима с величиной поверхностных, а в некоторых случаях (весьма специфических) объёмные заряды могут иметь место в отсутствие поверхностных. Роль объёмных зарядов весьма велика для полей внутренних дефектов и особенно велика при использовании слабых намагничивающих полей (как показали исследования учеников Рудольфа Ивановича – вплоть до смены знака поля дефекта).

Одновременно с развитием теории в это время Янус большое внимание уделял и практической деятельности. В 1950 г. он вместе с М.Н. Михеевым получил Сталинскую премию «За разработку нового метода испытания металлов». Премия была III степени, но оказалась достаточной, чтобы на свою долю Рудольф Иванович смог приобрести автомобиль «Москвич» (в то время, кстати, автомобили стоили недорого, просто их не было – видимо, лауреатам продавали вне очереди).

В это время случился странный манёвр: в августе 1949 г. Янус был назначен заведующим лабораторией фазовых превращений, правда, в августе 1953 г. был возвращен в свою родную лабораторию технического магнетизма, которая к этому времени потеряла одного сотрудника: М.Н. Михеев снова стал директором института.

Впрочем, на научные труды пребывание Р.И. Януса в лаборатории фазовых превращений не сказалось: в 1949–1957 гг. выходят его работы об электромагнитных методах контроля, коэффициентах размагничивания и др. О последних скажем особо. Янус показал, что при определенных условиях собственное магнитное поле образца может быть не только размагничивающим, но и намагничивающим на некотором расстоянии от намагничивающей катушки. Этот, на первый взгляд, парадоксальный результат оказывается весьма полезным при создании высокочувствительных приборов для заводского контроля прутков из высококачественных сталей.

Что касается электротехнических сталей, то предложенная Р.И. Янусом комбинированная система испытания горячекатанной стали не потеряла злободневности и тогда, когда сталь стала выпускаться холоднокатаной и в рулонах. Исследования свойств холоднокатаной рулонной стали показали неоднородность магнитных свойств по длине рулона, как ранее, – от листа к листу.



Праздничная демонстрация трудящихся, 1950-ые гг.  
Слева направо: Я.С. Шур, Р.И. Янус, М.Н. Михеев

В 1961 г. Р.И. Янусом и В.А. Вдовиным были предложены методика и аппаратура для контроля рулонной стали. Изюминка методики состояла в том, что авторам удалось избавиться от необходимой при всех магнитных измерениях процедуры определения площади поперечного сечения испытуемого образца.

В эти же годы Янус занялся разработкой теории и практическим применением магнитомодуляционных преобразователей – измерителей магнитного поля. Принцип их работы основан на нелинейной зависимости намагничённости сердечников из магнитомягкого материала в магнитном поле. При воздействии на такой сердечник, помещённый в переменное магнитное поле, некоторого постоянного поля, в измерительной обмотке появляются чётные высшие гармоники, пропорциональные этому постоянному полю. Такие датчики поля Янус назвал феррозондами. Детальную теорию датчиков он (совместно с Л.А. Фридманом и В.И. Дрожжиной) дал в 1959 г., а в 1960 г. применил для обнаружения магнитных включений в ответственных изделиях.

Из письма дирекции Уралмашзавода на имя М.Н. Михеева от 20.09.1961 г.

От имени коллектива Уралмашзавода выражаем глубокую благодарность коллективу Вашего института за действенную помощь в осуществлении специального контроля опытной партии дисков из жаропрочной стали ЭИ-481 на предприятии п/я 735.

Для выполнения этой ответственной и очень важной для обоих заводов работы лаборатория технического электромагнетизма Вашего института, опираясь на результаты проводимых ею исследований, в исключительно короткий срок

разработала и освоила оригинальный метод контроля крупногабаритных деталей из аустенитной стали на отсутствие инородных ферромагнитных включений. Применение этого метода позволило Уралмашзаводу произвести на предприятии п/я 735 надежную рассортировку деталей опытной партии, использовать подавляющее их большинство по прямому назначению и тем самым избежать значительного материального ущерба.

Не менее эффективным оказалось применение феррозондов для медицинских целей. Положение инородных включений в теле человека (осколок снаряда, игла и пр.) можно определить рентгеном, но во время операции такое включение смещается от своего первоначального положения, и проследить за этим смещением возможно только с помощью феррозондов-градиентометров.

Последние годы Янус уделил особое внимание (и чуть ли не завещал развивать – так уж получилось) тематике, связанной с разработкой технических средств помощи медицине. Этому, как часто бывает, способствовал конкретней случай. В клинику Свердловска привезли девочку Олю, которая взяла в рот металлический шарик (от подшипника) и он, угодив в дыхательное горло, перекрыл бронх. Предстояло хирургическим путем извлечь этот шарик, что грозило большими неприятностями, или попытаться достать его другим способом. Счет времени шел на минуты, ибо большая часть легкого постепенно отмирала без воздуха, и пришлось бы удалять ее, если не извлечь своевременно шарик. Янус двое суток вместе с токарем лаборатории А.Н. Калининым рассчитывал форму полюсного наконечника с учетом возможности его введения в бронх и обеспечения максимальной напряженности магнитного поля, чтобы шарик прилип к магниту. Рудольф Иванович рассказывал нам на семинаре, какой вздох облегчения раздался в операционной, когда сдвинув девочку с электромагнита, увидели на полюсном наконечнике шарик. В подтверждении этой уникальной истории (не думаем, что таких случаев было много в мире) приводим письма Янусу от благодарных родителей девочки и ее самой.

Уважаемый Рудольф Иванович!

Мы не можем найти слов отблагодарить Вас за большую помощь в операции моей девочки Оли, несмотря на вашу занятость основной работой двое суток Вы трудились над магнитом для извлечения шарика не жалея сил и энергии. Благодаря Вашей помощи девочка имеет возможность жить и учиться. Сейчас она чувствует себя хорошо, ходит на озеро купаться, загорать, а мы желаем Вам хорошего здоровья, долгих лет жизни, успехов в дальнейшей работе.

Воеводина

Дорогой Рудольф Иванович!

Большое Вам спасибо за то, что Вы спасли мне жизнь и дали возможность продолжать счастливое детство. Сейчас я чувствую себя хорошо.

Оля. Июнь 1963 г.

После этого в лаборатории были разработаны магнитометры для обнаружения металлических объектов (инъекционные иглы, металлические осколки) в теле человека, которые, получив подпись замминистра здравоохранения, были внедрены в медицинскую практику. Р.И. Янус как бы завещал не забывать о работах для медицины.

Начиная с 1958 г. стали проводиться всесоюзные конференции по неразрушающему контролю материалов и изделий. Сразу же был поднят вопрос о необходимости иметь свой профильный всесоюзный журнал (а тогда решения таких конференций в основном исполнялись). Поручение о создании издания было записано в адрес Академии наук СССР, и президиум АН в свою очередь поручил его организацию Институту физики металлов, имея в виду, что здесь работает безусловный авторитет в области неразрушающего контроля (это отмечалось и в постановлениях конференций) Р.И. Янус.

Р.И. Янус привлёк в редколлегию нового журнала видных специалистов, а над названием журнала думали сообща. Всех убедил опять же Рудольф Иванович: он считал, что любое отступление изделия от требований нормативно-технической документации – будь то нарушение сплошности, геометрия, структура, состав или что-то ещё – всё это дефекты. Журнал назвали «Дефектоскопия». Первый номер журнала вышел в 1965 г., а уже через год Р.И.Януса не стало...

Теперь можно (и необходимо!) сказать о личных качествах Рудольфа Ивановича. Авторы общались с ним на протяжении 10 лет, но это было общение не на равных – пять лет они были студентами и ещё пять лет Г.С. Корзунин был аспирантом, а В.Е. Щербинин – младшим научным сотрудником в его лаборатории. Но мы можем, например, припомнить его семинары. Он словно дремлет. В.И. Дрожжина отчитывается о командировке в г. Львов: «Для исследования угловой чувствительности феррозондов нам предоставили там устройство, которое мы называли алибабой». Янус открывает глаза и говорит: «Алибада есть визирное приспособление некоторых угломерных инструментов». Это, между прочим, формулировка из Физического энциклопедического словаря, для которого Р.И. Янус написал несколько статей.

Другой семинар. Докладывает В.В. Власов о скоростной рельсовой дефектоскопии (В.В. Власов – бывший аспирант П.А. Халилеева, но П.А. Халилеева здесь



В Институте автоматизации и механизации АН ЧССР, Прага, 1959 г.



Сотрудники лаборатории электромагнетизма на уборке урожая. Справа Р.И.Янус, 1962 г.

нет – он долго был в Верх-Нейвинске, где организовывал работы по разделению изотопов). В.В. Власов: «Чем больше скорость, тем больше величина вихревых токов (это правильно) и, наконец, при больших скоростях вихревые токи преобладают в сигнале преобразователя». Р.И. Янус: «Конечно, чем больше зарплата, тем больше подоходный налог. Но почему-то наши сотрудники, невзирая на увеличение подоходного налога, хотят получать всё большую зарплату. Это, конечно, юмор и конечно не доказательство, но убеждает».

О юморе. Вспоминает организатор художественной самодеятельности института Ю.М. Плишкин.



Р.И.Янус (в центре) – участник концерта художественной самодеятельности, 1961 г.

Неожиданно горячую поддержку идее концерта мы получили со стороны Рудольфа Ивановича Януса. Он без колебаний согласился участвовать. Меня это удивило. Ни внешними качествами артиста, ни голосом (ни даже, как позже выяснилось, слухом) он не обладал. Однако дар четко и изящно излагать свои мысли, а также юмор делали его выступления (и не только на сцене) вполне «артистичными». Теперь то я понимаю, что четко и красиво излагать мысли может только человек, обладающий глубоким чувством юмора. Ведь именно не строгая логичность, а неожиданная парадоксальность делает речь рельефной, а это в конечном счете и определяет умение «острить». Наверное, по этой причине все известные ученые, дипломаты, юристы всегда высоко ценили остроумие. Когда я прочитал Янусу свою первую пародию на философа, подражая профессору Г.М. Курсанову (по тем временам эта пародия звучала довольно ядовито), он задумчи-

во произнес: «Следует подумать, стоит ли читать этот текст без грима, вот, например, роль бравого солдата Швейка можно было бы играть и без грима». Я оценил его юмор, думая, что он намекает на свою внешность, но позже выяснилось, что намекал на мою, когда кандидатский экзамен этому самому Курсанову я вынужден был сдавать дважды.

Вспоминает В.В. Дружинин – заведующий лабораторией магнитных измерений ЦЗЛ ВИЗа.

Мое знакомство с Рудольфом Ивановичем произошло в 1936 г. в лаборатории Верх-Исетского завода, где я, будучи студентом, проходил производственную практику при неприятных для меня обстоятельствах.

Работая на измерительной установке, я умудрился пережечь баллистический гальванометр. Учитывая острый дефицит в таких приборах и обстановку тех лет, администрация лаборатории опечатала комнату и пригласила Р.И. Януса как консультанта ВИЗа для решения вопроса о моей судьбе. Когда было предоставлено слово Рудольфу Ивановичу, он рассказал случай с инженером-мостовиком при поступлении его на работу в новую организацию. На вопрос о причине его ухода

с прежней работы инженер ответил, что последний построенный им мост рухнул. После выяснения причины аварии новый руководитель принял этого инженера на работу, сказав, что такие специалисты нужны стране (в смысле поговорки «за одного битого — двух небитых дают»). После такой «оправдательной» речи Януса меня оставили на ВИЗе для дальнейшего прохождения практики, а через несколько лет я поступил туда на работу. Из почти сорока лет, что я проработал на ВИЗе, три десятка лет Рудольф Иванович был моим руководителем по научной работе.

Вспоминается всегдашнее абсолютное спокойствие Рудольфа Ивановича. Он никогда не повышал голоса, никогда никого не респекал. Это шло от его исключительной скромности и, конечно, мудрости. А может от его эстонского характера? Например, такой эпизод. Янус входит в лабораторию, где на верстаке остывают образцы, только что вынутые из муфельной печи. Он берёт один из образцов и, не говоря ни слова, самым аккуратным образом кладет его на место. Наутро он пришёл с перебинтованными пальцами.

Также аккуратно Рудольф Иванович формулировал мысли. В нашей статье, где мы доказали, что формула некоего автора никуда не годится, Янус написал: «Это [наши эксперименты] показывает, как и следовало ожидать, что формула [ссылка] применима только для ограниченного интервала условий задачи». Всё ясно, никто не в обиде.

Вообще о формулировках Януса можно писать отдельное эссе. Вспоминает Г.С. Корзунин: «Янус сформулировал мою задачу кандидатской очень крупным планом: "Исследование возможности обнаружения ... и т.д.". Название темы занимало полстраницы одним предложением и было написано так, что что бы я не делал, всё подходило под эту тему».

В 1960 г. Янус был в ФРГ в гостях у крупного учёного-дефектоскописта Фридриха Фёрстера и в книге почётных гостей оставил запись, одну фразу из которой интересно здесь привести: «Я со своей стороны был бы рад приветствовать г. Фёрстера в моей лаборатории в г. Свердловске». Фраза интересна тем, что здесь употреблено сослагательное наклонение: Янус не мог пригласить Фёрстера в Свердловск, поскольку Свердловск в то время был закрытым городом — закрытым для посещения иностранными гражданами. Вот и появилось это «был бы рад». Никто не в обиде.

Надо ещё отметить, что Р.И. Янус воспитал многочисленную школу физиков-магнитологов. Многие сотрудники Института физики металлов РАН и других научных учреждений являются его учениками.

Р.И. Янус всегда поражал необыкновенной работоспособностью, чуткостью и искренним желанием помочь любому, с каким бы вопросом к нему ни обращались. В характере ученого сочетались большая требовательность к себе и доброта по отношению к окружающим. В то же время он проявлял глубокую принципиальность в основных вопросах науки и жизни и партийную последовательность в борьбе за истину. Его любили и уважали все, кто с ним соприкасался и по научной линии, и в личной жизни.

Р.И. Янус оставил глубокий след в науке. Его научные труды имеют фундаментальное значение и долгие годы будут служить основой дальнейших исследований в области физики магнитных измерений и определять главные направления их развития.

*Г.С. Корзунин, В.Е. Щербинин*

### Список литературы

1. Янус Р.И., Шур Я.С. К вопросу о характере связи в молекуле СО // ЖЭТФ, 1935, Т. 5, С. 28–32.
2. Шур Я.С., Янус Р.И. Магнитная восприимчивость паров брома // ЖЭТФ, 1935, Т. 5, С. 401–404.
3. Янус Р.И., Шур Я.С. Новый способ определения магнитной восприимчивости газов и паров // ДАН СССР, 1934, Т. 2, С. 465–467.
4. Янус Р.И. Новый метод определения магнитных констант небольших образцов электротехнических материалов // ЖТФ, 1933, Т. 3, С. 1203–1219.
5. Янус Р.И. Некоторые расчеты по магнитной дефектоскопии // ЖТФ, 1938, Т. 8, С. 307–315.
6. Янус Р.И., Шубина Л.А., Дружинин В.В. О магнитных характеристиках стали для радиоаппаратуры // Изв. электропром. слабого тока, 1940, № 8, С. 49.
7. Гольдман А.Л., Дружинин В.В., Янус Р.И. Об анизотропии магнитной восприимчивости кремнистого железа в области слабых магнитных полей // ЖТФ, 1950, Т. 20, № 5, С. 571–578.
8. Дружинин В.В., Зубов Ю.Е., Кожуров А.А., Янус Р.И. Аппарат для измерения удельных потерь и магнитной индукции электротехнической стали на целых листах // Вестник электропромышленности, 1958, № 7, С. 24.
9. Янус Р.И. Магнитная дефектоскопия. М.: Гостехиздат, 1946. 171 с.
10. Дрожжина В.И., Зацепин Н.Н., Пономарев Ю.Ф., Фридман Л.А., Штуркин Д.А., Янус Р.И. К теории феррозондов с продольным симметричным насыщающим возбуждением // ФММ, 1960, Т. 10, № 3, С. 359–366.
11. Янус Р.И. Некоторые вопросы теории магнитной дефектоскопии // ЖТФ, 1945, Т. 15, № 1–2, С. 3–14.
12. Янус Р.И. Некоторые вопросы теории магнитной дефектоскопии // Труды ИФМ УФАН СССР, 1948, вып. 7, С. 23–39.

---

# Павел Акимович ХАЛИЛЕЕВ

## Строки биографии

Доктору технических наук, профессору, лауреату Ленинской и Государственной премий довелось работать в разных отраслях технической физики, встречаться с корифеями науки – И. Курчатовым, Ю. Харитоновым, Н. Семеновым, И. Кикоиным... Его имя, как и имена этих людей, вошло в историю нашей страны.

Родился Павел Халилеев в Астрахани в 1909 г. После окончания Ленинградского политехнического института был распределен на Урал.

Трудился в лабораториях И. Кикоина, Р. Януса. Занимался магнитной дефектоскопией, возглавлял лабораторию в Уральском институте физики металлов, работал в Свердловске-44 (Верх-Нейвинске, ныне – Новоуральске).

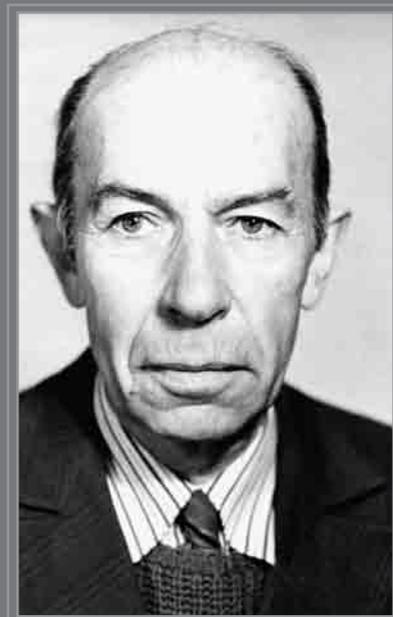
Павел Акимович прожил долгую жизнь. Он умер, не дожив 40 дней до 94-летия. К его 95-летию ежегодник «Большой Урал» (Свердловская область – 2004) опубликовал содержательную статью «На долгом пути к сокровищам истины», в которой достаточно полно изложен жизненный путь этого учёного.

Готовя настоящую справку о жизни и деятельности П.А. Халилеева, мы с согласия авторов указанной статьи решили её использовать с некоторыми дополнениями.

## Прощай XX век!

Отметив 90-летие, Павел Акимович опубликовал книгу воспоминаний «XX Век моими глазами». В ней он описал множество исследований, относящихся к важнейшим направлениям отечественной и мировой науки. Рассказал о создании морского магнитометра, работе над урановым проектом (в частности о проблеме диффузного разделения изотопов), работах в области электромагнетизма, создании дефектоскопа для трубопроводов. В решении этих колоссальных научных задач П. Халилеев принимал самое активное участие. В данной книге много фактов из истории создания советского атомного оружия, рассказ о том, как работали над

---





На презентации книги «XX век моими глазами», 2002 г.  
Вверху с М.М. Носковым, внизу с Г.С. Корзуниным

ним научные коллективы. Увлекательные и удивительные по точности и образности картины жизни людей на протяжении всего XX века память ученого сохранила с интереснейшими подробностями. Воспоминания П. Халилеева стали убедительным, ярким документом истории ушедшего века, бесхитростным и бесценным слепком частной жизни нескольких поколений реальных людей.

### Музыка детства

Отец Павла Халилеева был сыном безземельного крепостного мужика, мать – дочерью кадрового военного, воспитанницей знаменитого Смольнинского института благородных девиц, владела двумя иностранными языками и играла этюды Шопена на рояле. Музыка, в основном серьезная, классическая, всегда звучала в этой семье. Родившийся, как и двое его братьев, на Волге, маленький Павлик с детства был влюблен во все плавающие суда, его завораживал вид пароходов и катеров. Он любил, мечтая, мысленно выстраивать перед собой целые армады красивейших пароходов, которые по его воле маневрируют, режут волны или качаются на воде. Еще он в своих мечтах пу-

тешествовал на паруснике, ловко управлял парусами и рулем.

В селе Красном под Смоленском, куда семья переехала после революции, спасаясь от голода, он научился игре на рояле, одолев все упражнения по знаменитой книге Района. Инструмент стоял в доме одного купца, уехавшего за границу. Позже мальчику купили старое пианино, и на выпускном вечере в школе весной 1925 г. он играл вторую рапсодию Листа и вальсы Шопена. Всю жизнь он обожал музыку и, возможно, если бы не стал ученым-физиком, то смог бы стать прекрасным музыкантом. Он, к примеру, с точностью до каждой маленькой паузы знал наизусть аккомпанемент письма Татьяны из оперы «Евгений Онегин». Музыка давалась ему легко, он обладал большими способностями, но точная наука физика привлекала сильнее.

## В лаборатории Кикоина

В 1932 г., после окончания физико-механического факультета Ленинградского политехнического института, П. Халилеев был распределен в Свердловск в Уральский физико-технический институт (УралФТИ), который только что был организован внутри ЛФТИ. Правда, здание лабораторного корпуса только строили, и молодой ученый остался на некоторое время в Ленинграде в лаборатории И. Кикоина – будущего академика и сподвижника И. Курчатова. Именно в ней Халилеев сконструировал вакуумную установку для приготовления раствора лития в аммиаке, исследовал изменения сопротивления кристаллов магнетита  $Fe_3O_4$  в магнитном поле при низких температурах.

В декабре 1936 г. П.А. Халилеев защитил в ЛФТИ диссертацию на предложенную И. Кикоиным тему: «Исследование изменений теплопроводности и электропроводности щелочных металлов при переходе их из твердого состояния в жидкое» и получил ученую степень кандидата физ.-мат. наук.

В 1936 г. – переезд в Свердловск, работа в лаборатории магнетизма под руководством Р. Януса. Здесь решались не столько проблемы физики металлов, сколько чисто технические задачи магнитной дефектоскопии. Молодому ученому поручили заняться магнитной дефектоскопией сварных швов, затем разработкой способа контроля толщины закаленного слоя на плитах броневой стали; так родился приставной коэрцитиметр для контроля закалки деталей.

Уже в начале Великой Отечественной войны Халилеев пустил первую дрезину-дефектоскоп на железнодорожном участке Карталы–Магнитогорск; сейчас на железных дорогах страны работают сотни проверяющих целостность рельсов вагонов-дефектоскопов, прародительницей которых и стала та самая дрезина.

Тогда же П. Халилеев создал прибор, который мог опознавать морские мины и подводные лодки. С его помощью были обнаружены, а затем подняты со дна морского 130 вражеских и своих затонувших или потопленных кораблей – целый флот!

За разработку и использование морского магнитометра П.А. Халилеев был удостоен Сталинской премии.



Молодой П.А. Халилеев



П.А. Халилеев после получения Сталинской премии (Государственной премии СССР), 1946 г.

## Секретные центрифуги

Если вершителем всей атомной проблемы в СССР был Игорь Курчатov, то разделением изотопов урана занимался Исаак Кикоин. Халилеев, начинавший работать у Кикоина в 1932 г., в мае 1947 г. был переведен в Верх-Нейвинск на строительство мощной лаборатории секретного завода по диффузионному разделению изотопов урана.

Необходимо было создать центрифугу для разделения изотопов. Небывалые трудности свалились на головы физиков. Но решение, как это часто бывает, оказа-

лось потрясающе простым – и гениальным... Американцы, побывавшие позднее в Верх-Нейвинске, заявили, что ничего похожего на показанные им цеха нигде в мире нет – ни по качеству машин, ни по экономичности, ни по общей организации процесса, ни по мощностям. А побывавший на заводе академик С. Вонсовский отметил, что цех длиной в километр, в котором смонтированы миллионы центрифуг, производит потрясающее впечатление.

В результате всей совокупности работ по центробежному методу разделения изотопов урана трое – Х. Муринсон, Д. Буртин и П. Халилеев – были отмечены Ленинской премией.

### Трубные дефектоскопы

Значительность созданного П. Халилеевым и его соратниками поражает. Многие из них просто жизненно необходимы. К примеру, трубный дефектоскоп и феррозондовые магнитометры. Они абсолютно разные по назначению и размерам. Дефектоскоп похож на большого стального крота с множеством ножек. Тело его по окружности насыщено датчиками и проталкивается внутри трубы мощным на-



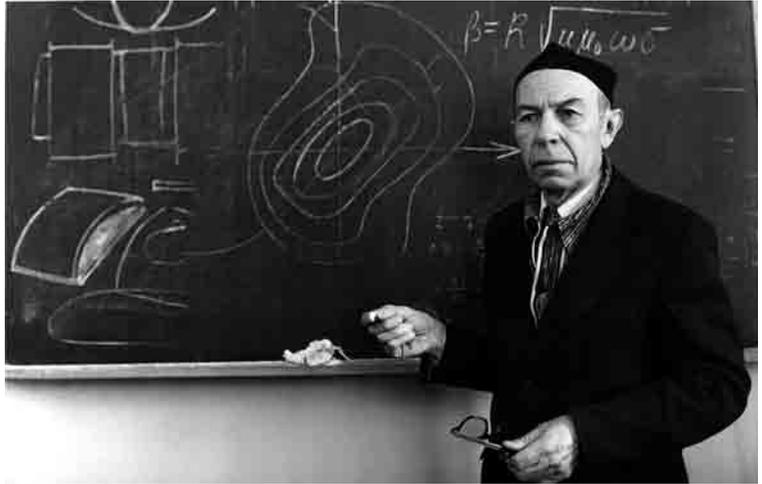
У цилиндрической намагничивающей системы.

Слева направо: В.И.Дрожжина, Ю.Я.Реутов, Г.С.Корзунин, Б.В.Патраманский, П.А.Халилеев, 1984г.

пором нефти или газа. Датчики сохраняют в своей электронной памяти все дефекты труб, потом запись считывают операторы. Поиск коррозии и других дефектов стенок магистральных газо- и нефтепроводов – дело ответственное, ведь любая незамеченная трещина со временем может привести к трагедии. Магнитометры – небольшие приборы для измерения магнитного поля, но датчики у них такие же – феррозондовые индикаторы, маленькие пружинки-соленоиды из тончайшей проволоки с сердечниками. С помощью таких же дефектоскопов-трубочек, например, медики сделали тысячи операций, используя приборы для локализации инородных тел в организме, – и этим спасли множество человеческих жизней. Наибольшее распространение магнитометры получили при поиске полезных ископаемых, а также в автомобилестроении, самолетостроении – везде, где применяются магнитные системы.

За многие годы, прошедшие с момента создания дефектоскопа П. Халилеевым, многое изменилось. На Урале работает ЗАО НПО «Спектр» – Екатеринбургское отделение ЗАО НПО «Спецнефтегаз». В коллективе трудятся рабочие высших квалификаций, руководители производств, конструкторы, инженеры-электронщики, программисты. Ими разработаны и изготовлены десятки новейших внутритрубных снарядов с очистными средствами, снаряды-дефектоскопы, снаряды-профилемеры; на очереди – навигационные снаряды, снаряды с возможностью регулирования скорости...

Достигнутая высочайшая точность диагностики, качество и полнота отчетных материалов, высокая производительность и приемлемая стоимость контроля трубопроводов позволили отказаться в последние годы от услуг зарубежных фирм.



П.А.Халилеев – специалист в области электромагнетизма, д.т.н, Лауреат Ленинской премии 1961, Государственной премии СССР 1946, зав. лаб. электромагнетизма с 1966 по 1986 гг.



С женой Равзой Исхаковной, 1930-е гг.

## Религия разума

Выдающийся мыслитель и старейший физик планеты Павел Халилеев в последней статье, написанной для журнала «Наука. Общество. Человек», уже в сентябре 2003 г., за несколько дней до смерти, поднимает вопрос, который Ф. Достоевский в свое время назвал «основной тайной природы человеческой». Это первый и главный вопрос, заданный Великим инквизитором Христу: «Перед кем поклоняться?». Вопрос извечный, нерешенный и, наверно, нерешаемый.

Обеспокоенный событиями 11 сентября 2001 г. в США, Халилеев предлагает человечеству отказаться от «поклонения богам разного рода и создать новую религию, единую для всех стран и всех народов – Религию Разума».

Здравый смысл, писал он, подсказывает: без такой единой религии невозможно установить мир и порядок на земле, остановить постоянно идущие религиозные войны и столкновения, спасти биосферу от разрушения, рационально использовать оставшиеся на планете природные ресурсы, прекратить демографический взрыв, избавить людей от голода и социальной несправедливости, решить множество насущных глобальных проблем – и подготовиться к встрече новых и неожиданных.

Причинами религиозных войн, считал Павел Акимович, всегда являлись различия в мировоззрениях верующих двух разных религий. Бог разума, по мнению Халилеева, должен быть триедин и сочетать в себе Бога Науки, Бога Искусства и Бога Тела. Впрочем, подчеркивал ученый, третьему (Богу телесного совершенства) мы давно молимся, и его высокие поклонники — спортсмены.

Можно надеяться, утверждал автор этой теории, что вскоре человек целиком и полностью поймет, что его разум – единственное его отличие от животных – это и есть Бог, который в нем самом. «Этому богу он будет строить храмы, в которых будут прославляться великие дела его апостолов и справляться родившиеся новые обряды. Уже сегодня можно говорить о создании Религии Разума. У этой религии должны быть свои великолепные храмы».

*Г.С. Корзунин, В.Е. Щербинин*

## Список литературы

1. Халилеев П.А. *XX век моими глазами*. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 346 с.
2. Халилеев П.А. *Основные понятия электродинамики сплошных сред: Метод. заметки*. Свердловск: УрО РАН, 1989. 226 с.

---

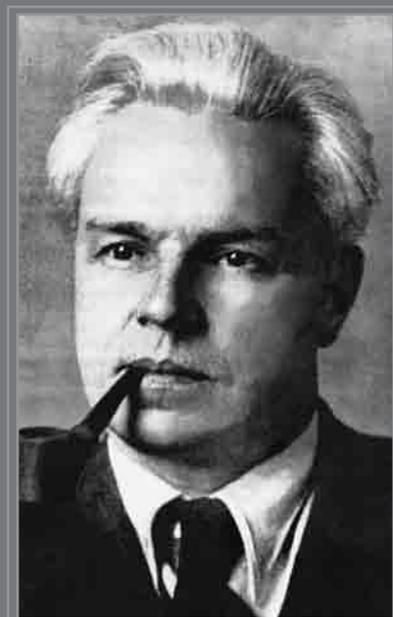
## Профессор Михаил Васильевич ЯКУТОВИЧ

В 2012 г. исполняется 110 лет со дня рождения Михаила Васильевича Якутовича, доктора физико-математических наук, профессора, лауреата Ленинской и государственных премий.

Михаил Васильевич Якутович, известный ученый-физик в области механики твердых тел, разделения изотопов, атомного материаловедения. Он родился 10 августа (по старому стилю 28 июля) 1902 г. в селе Агоревка (Огаревка) Даниловского района Пензенской (Саратовской губернии) области. Его отец, Василий Иванович (1866–1944 гг.), был слесарем и машинистом на мельницах и винокуренных заводах, мать, Елена Семеновна (1870–1962 гг.), была сельской портнихой и домохозяйкой, имея семерых детей. Михаил Васильевич учился сначала в церковно-приходской школе, затем в реальном училище. В 1920 г. поступил в Саратовский политехнический институт, затем перевелся в Ленинградский политехнический институт на электромеханический факультет. Начиная с 1928 г. начал работать в Ленинградской физико-технической лаборатории (потом ставшей институтом).

В 1932 г. был переведен в город Свердловск (ныне г. Екатеринбург) в Уральский физико-технический институт (ныне Институт физики металлов УрО РАН), созданный на базе Ленинградского физико-технического института (ныне Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН), и назначен заведующим лабораторией механических свойств в организованном тогда институте. Работая с 1932 по 1949 г. в институте заведующим лабораторией механических свойств, он создал новое направление – материаловедение жаропрочных материалов, обеспечив исследования необходимым для этого оборудованием. Еще в 1940 г., совместно с В.С. Аверкиевым, Г.Н. Колесниковым и В.А. Павловым была разработана и испытана установка для растяжения образцов в широком диапазоне температур и скоростей деформации, которая в то время на десятилетие опередила западные варианты подобных установок «Instron». Прошел путь от заведующего лабораторией до заме-

---





М.В. Якутович, 1980-е гг.

стителю директора института. В сложные 1937–1938 гг. Михаил Васильевич был временно исполняющим обязанности заместителя директора по научной части и директором института.

В 1949 г. он был переведен на Электро-химический комбинат (в г. Новоуральске) заместителем научного руководителя, а с 1953 г. по 1962 г. являлся научным руководителем комбината. Видный специалист, обладавший большим опытом организации научных исследований, он принадлежал к числу широкообразованных ученых, которые обеспечивают успех в любой деятельности.

В 1962 г. Михаил Васильевич был назначен директором в Подольский научно-исследовательский технологический институт (г. Подольск Московской области), где продолжил исследования в области физического материаловедения тугоплавких и высокопрочных материалов.

За разработку методов разделения изотопов и создание тугоплавких и высокопрочных материалов М.В. Якутович был неоднократно отмечен правительственными наградами.

Михаил Васильевич был яркой и величественной личностью. Обладающий недюжинной физической силой, курящий свою любимую трубку, остроумный и лукавый, он всегда был центром любого собрания, семинара или конференции. Вместе с этим он был внимателен и серьезен при решении даже, казалось бы, малых научных проблем, подчиняя всего себя их решению. По отзыву академика В.Д. Садовского, М.В. Якутович обладал огромной эрудицией и мог дать квалифицированный ответ или консультацию практически по любому вопросу.

*Н.И. Чарикова (Носкова)*

### Список литературы

1. Яковлева Э.С., Якутович М.В. Скачкообразная деформация кристаллов цинка // ЖТФ, 1935, Т. 5, С. 10–22.
2. Якутович М.В., Яковлева Э.С. Форма механического двойника и причины ее обуславливающие // ЖЭТФ, 1939, № 9, С. 884–889.

---

## Страницы жизни профессора Ибрагима Гафуровича ФАКИДОВА

Ибрагим Гафурович Факидов прожил долгую жизнь. Он родился 1 августа 1906 г., а ушёл на вечный покой 28 февраля 2002 г., так что за его плечами было почти целое столетие. Он помнил, как жила страна при царе в начале XX в., в лихие годы Революции и Гражданской войны, накануне Великой Отечественной войны и во время неё, при строительстве в послевоенное время развитого социализма и при новом нашем капитализме в конце XX в. В биографических документах Ибрагима Гафуровича сказано, что родился он в крымской деревне Куру-Узень вблизи городка Алушта в татарской крестьянской семье. В 1910 г. внезапно умер его отец. Некоторое время спустя мать Ибрагима вышла замуж, а он вместе со своим старшим братом перешел на «содержание и воспитание» к дяде – брату отца.

В 1922 г. по направлению сельского совета Ибрагим поступил на рабочий факультет в г. Симферополь. Прилежания в учебе ему было не занимать, по всем предметам учебные программы усваивались довольно легко, а трудности были лишь поначалу с русским языком. В 1925 г. учёба на рабфаке по техническому отделению успешно закончена. В те времена советской властью был заведён порядок, по которому отличившимся в учёбе рабфаковцам вручался документ, дающий право преимущественного поступления без всяких проверочных испытаний в высшие учебные заведения страны по разверстке мест, предоставленных отделу рабфаков. По совету любимого учителя физики профессора С.Л. Вагина Ибрагим поехал в Ленинград и поступил на учебу в Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина на физико-механический факультет. Вспоминая свою учебу в политехническом институте, Ибрагим Гафурович говорил, что здесь судьба приготовила ему дорогой подарок – общение с Абрамом Фёдоровичем Иоффе, замечательным учёным и человеком, создававшим творческую атмосферу для молодежи на факультете. Академик А.Ф. Иоффе заведовал в политехническом институте кафедрой физики.

---



По окончании политехнического института в 1930 г. Ибрагим Гафурович вместе с однокурсником будущим академиком и известнейшим учёным Исааком Константиновичем Кикоиным был принят на работу в магнитный отдел Ленинградского физико-технического института, директором которого был знакомый им со студенческих лет академик А.Ф. Иоффе. Магнитным отделом в ЛФТИ руководил в то время выдающийся физик, – профессор Яков Григорьевич Дорфман.

Первым научным результатом И.Г. Факидова, полученным совместно с И.К. Кикоиным, было экспериментальное открытие эффекта Холла в жидких металлах (1931 г.). Была решена серьезная проблема обнаружения такого эффекта в жидком проводнике. Интерес к этому вопросу у молодых исследователей возник, как об этом рассказывал Ибрагим Гафурович, во время съезда физиков СССР, проходившего в 1930 г. в Одессе, на который он приехал вместе с научным руководителем Я.Г. Дорфманом. Часть заседаний съезда проходила на борту парохода «Грузия». Среди приглашенных участников съезда был хорошо известный немецкий физик-теоретик А. Зоммерфельд. Яков Григорьевич, прогуливаясь с ним по палубе в перерывах между заседаниями, нашел возможность обсудить экспериментальные зада-



Научные воспитанники и коллеги академика А.Ф.Иоффе.  
Стоит крайний слева Абрам Федорович Иоффе; сидит крайний слева И.Г.Факидов, 1930-е гг.

чи, планируемые для своих учеников – Исаака Кикоина и Ибрагима Факидова. Тут же состоялось взаимное знакомство и «утверждение» для молодых физиков актуальной темы научной работы на ближайшие годы: «эффект Холла в жидких металлах». Надо сказать, что эта работа, начатая совместно с И.К. Кикоиным в области физики гальваномагнитных явлений, предопределила одно из основных направлений дальнейшей научной деятельности И.Г. Факидова.

Важным событием в жизни Ибрагима Гафуровича в 1931 г. было рождение сына. Он дал ему имя Роальд – в честь легендарного путешественника, полярника и первооткрывателя Роальда Амундсена (1872–1928 гг.).

В январе 1932 г. в соответствии с Постановлением ВСНХ СССР от 17.05.1931 № 294 «Об организации научно-исследовательской работы на Урале и в Сибири» из состава ЛФТИ был выделен филиал – Уральский физико-технический институт (УралФТИ) – нынешний Институт физики металлов УрО РАН. Директором ЛФТИ – академиком А.Ф. Иоффе – были определены направления научной деятельности нового института и кадровый состав его физических подразделений. В него в основном входила научная молодежь, среди которой был и И.Г. Факидов. Директором УралФТИ Абрам Фёдорович назначил 26-летнего аспиранта Михаила Николаевича Михеева, справедливо полагая, что именно молодой директор успешно справится с трудностями первых лет становления института.

В течение почти четырех лет – пока строился в сосновом бору на окраине Свердловска лабораторный корпус Уральского физико-технического института – значительная часть его сотрудников жила по-прежнему в Ленинграде и трудилась в ЛФТИ. И.Г. Факидов в эти годы наряду с выполнением в институте плановых научных исследований активно участвовал в летний период в разных полярных экспедициях, к проведению которых привлекался ЛФТИ. Известно, что в 1930 г. он работал в качестве физика-магнитолога в магнитометрическом отряде академика А.Е. Ферсмана на Кольском полуострове; в 1932 г. участвовал в экспедиции на Северную Землю на ледоколе «Русанов»; в 1933–1934 гг. был в экспедиции по Северному морскому пути на пароходе «Челюскин»; в 1935 г. участвовал в высокоширотной экспедиции на ледоколе «Садко» на архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. В морских полярных экспедициях И.Г. Факидов занимался изучением деформаций корпуса судна под напором ледяных торосов и изучением атмосферных явлений, а также состояния массивов льда на поверхности Ледовитого океана. При этом он обнаружил закономерности стационарных колебаний ледяного покрова полярных морей. Эти результаты он изложил в статье, опубликованной в журнале «Nature».

Из всех полярных экспедиций наиболее яркие воспоминания на всю жизнь Ибрагим Гафурович сохранил о героической челюскинской эпопее. Ему в этой экспедиции были поручены очень ответственные рабо-



Челюскинец. 1934 г.

ты как по подготовке экспедиции, так и по ее проведению. О важности подготовительных работ свидетельствует сохранившееся у Факидова удостоверение, выданное ему Главным управлением Северо-морского пути при Совнаркомом СССР. В нем сказано следующее:

Удостоверение выдано научному сотруднику Экспедиции Сквозного Плавания по Ледовитому Океану на ледоколе «ЧЕЛЮСКИН» Ибрагиму Гафуровичу ФАКИДОВУ в том, что он является Уполномоченным по всем вопросам, связанным с окончанием подготовительных работ по Экспедиции и переброске экспедиционного инвентаря в МУРМАНСК к 28 июля с/г. (дня прихода «ЧЕЛЮСКИНА» в Мурманск). Просьба ко всем организациям оказывать всемерное содействие тов. ФАКИДОВУ в порученном ему деле.

*Начальник Глав. Упр. Сев. Мор. Пути  
и Экспедиции Сквозного Плавания  
по Ледовитому Океану  
О.Ю. ШМИДТ*

Из плановых работ, которые надлежало выполнять И.Г. Факидову в ходе экспедиции, наиболее важными являлись определение характера и величины деформационного воздействия льдов на корпус судна и отправка получаемых при этом сведений в Ленинград по радиосвязи. Дело в том, что пароход «Челюскин», построенный для нашей страны на судовой верфи в Дании, предназначался для плавания в высоких (ледяных) широтах. Однако при его строительстве не было известно, какие деформации будет испытывать корпус судна, имеющего длину около 100 м, под напором льда и что следует предпринять для уменьшения последствий деформационного воздействия. Выяснение этого было весьма ответственной задачей, поскольку уже готовилась документация по заказу за рубежом серии такого типа судов и нужно было учесть все слабые «стороны».

Как известно, полярная экспедиция на пароходе «Челюскин» закончилась трагически. Пароход был раздавлен льдами и 13 февраля 1934 г. затонул в 155 милях от Чукотского полуострова. Высадившиеся с тонущего парохода на ледяные торосы челюскинцы были спасены. Но до этого им пришлось почти два месяца жить на льдине в палаточном «лагере Шмидта» и в неимоверно жестких климатических условиях «строить» аэродромы и бороться за выживание. К 13 апреля члены экспедиции были вывезены самолетами на «Большую землю». Лётчики, спасшие челюскинцев, стали первыми Героями Советского Союза. Так уж случилось, что И.Г. Факидов улетал со льдины на самолете, ведомом молодым летчиком Н.П. Каманиным, который много лет спустя возглавил подготовку первых космонавтов в нашей стране. Ибрагим Гафурович за участие в экспедиции на пароходе «Челюскин» был награжден орденом Красной Звезды. Здесь уместно также отметить, что за заслуги в полярных исследованиях Министерство Морского Флота СССР наградило И.Г. Факидова значком «Почетному полярнику».

Продолжая хронологию важных событий в жизни И.Г. Факидова, нужно отметить, что 17 сентября 1935 г. на заседании Высшей аттестационной комиссии он был утверждён в учёной степени кандидата физико-математических наук без публичной защиты диссертации.

В 1936 г. строительство лабораторного корпуса для Уральского физико-технического института в Свердловске было в основном законче-

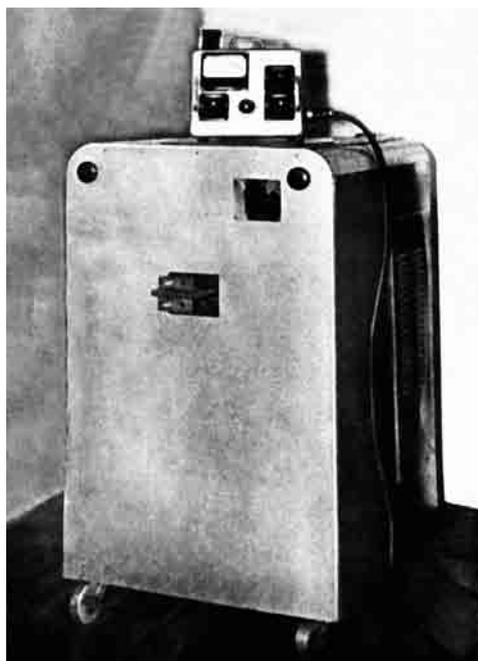
но и сотрудники этого института (около 25 человек) переехали из Ленинграда в Свердловск, где под руководством молодого и энергичного директора М.Н. Михеева начали разворачивать научные исследования по проблемам «Уральской кузницы металлов».

Старший инженер И.Г. Факидов также переехал в Свердловск. Однако в 1938 г. вынужден был вернуться в Ленинград, поскольку его жена училась в Ленинградском электротехническом институте и не могла оставить учебу и переехать с ним на Урал. Вернувшись в Ленинград, он устраивается на работу в Институт механизации сельского хозяйства заведующим кафедрой физики и восстанавливает научные связи с сотрудниками Ленинградского физико-технического института. В 1940 г. в семье Факидовых произошло радостное событие – родилась дочь, ее назвали Эллиной.

Вскоре после начала Великой Отечественной войны И.Г. Факидов «по согласованию с Ленинградским Г.К. ВКП(б) переводится на работу в Ленинградский физико-технический ин-т» на должность старшего научного сотрудника. Уже через месяц он как физик-магнитчик командировается во Владивосток «в распоряжение штаба Тихоокеанского Военно-Морского флота для выполнения спецзадания» (так сказано в сохранившемся командировочном удостоверении, подписанном 12.09.1941 вице-президентом АН СССР академиком О.Ю. Шмидтом и директором Физико-технического института АН СССР академиком А.Ф. Иоффе). Содержание полученного спецзадания сводилось к выполнению задач по размагничиванию корпусов наших кораблей, чтобы на них не реагировали вражеские мины. Для решения этой сложной проблемы необходимо было, в частности, разработать и изготовить специальные высокочувствительные магнитометры для диагностики магнитных полей. Эти работы выполнялись на базе Института физики металлов, в лабораторию электрических явлений которого Ибрагим Гафурович был вновь зачислен в марте 1942 г. Об успешном выполнении И.Г. Факидовым спецзадания свидетельствует выписка из Приказа наркома Военно-морского флота за № 1066 от 23.12.1942 за проявленную инициативу по изготовлению и освоению опытных образцов отечественных приборов – магнитометров, а также за



Заведующий лабораторией электрических явлений И.Г. Факидов



Генератор сильных импульсных магнитных полей, представленный на ВДНХ



Сотрудники лаборатории электрических явлений.

Стоят: слева направо И.Г.Факидов, Д.И.Гурфель, А.Я.Афанасьев, А.А.Самохвалов, Э.А.Завадский.  
Сидят: слева направо А.А.Тетерин, С.Д.Марголин, С.С.Левина

активное участие в их изготовлении объявить И.Г. Факидову благодарность и вручить денежную премию. Проблемы по размагничиванию наших кораблей оставались актуальными в течение всей Отечественной войны, и нужно сказать, что успехи И.Г. Факидова во многом обеспечивались в Свердловске – в Институте физики металлов, где изготовляли необходимые для этих дел магнитометры и магнитно-мягкие железо-никелевые сплавы (пермаллои) с нужными магнитными характеристиками и в необходимых количествах. По окончании войны Ибрагим Гафурович был награждён медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Поскольку заведующий лабораторией электрических явлений И.К. Кикоин был отозван в Москву для решения задач по атомной проблеме, то с 1 июля 1945 г. заведующим был назначен старший научный сотрудник кандидат физ.-мат. наук И.Г. Факидов.

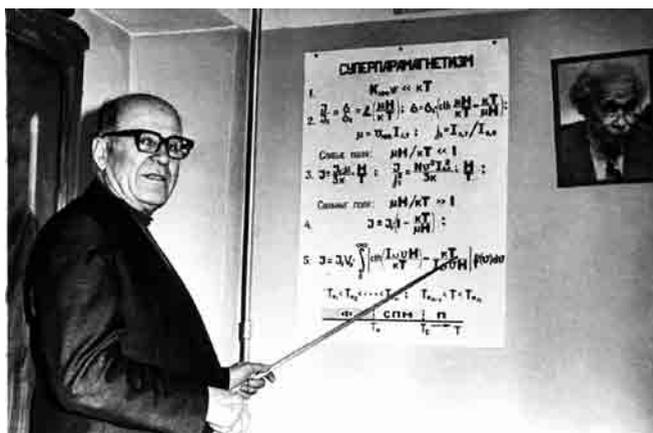
Одна из задач лаборатории электрических явлений в 1950-х гг. прошлого столетия заключалась в разработке и изготовлении установки, создающей сильные магнитные поля, необходимые для выполнения исследований магнитных и гальваномангнитных свойств металлов и полупроводников.

Благодаря творческому энтузиазму трёх человек – Ибрагима Гафуровича Факидова, Эдвальда Абрамовича Завадского и Ильи Ивановича Кунцевича проблема получения сверхсильных магнитных полей в институте была успешно решена. Изготовленная установка создания сверхсильных импульсных магнитных по-

лей путем разряда батареи высоковольтных конденсаторов на специальный индуктор (соленоид), позволяющая достичь в импульсе напряжённости поля до нескольких сотен килоэрстед, стала одной из первых в СССР после пионерных работ П.Л. Капицы в Кембридже. За разработку и изготовление генератора сверхсильных импульсных магнитных полей для разных физических исследований Институт физики металлов был удостоен Диплома Первой степени ВДНХ, а Ибрагим Гафурович Факидов награждён Большой Золотой медалью ВДНХ.

Использование импульсных магнитных полей позволило значительно расширить возможности исследований физических свойств металлов и полупроводников. Именно благодаря этому в институте академиком Виссарионом Дмитриевичем Садовским и его учениками (В.М. Счастливым, Л.В. Смирновым, Е.А. Фокиной, Ю.В. Калетиной, И.П. Сорокиным, И.Л. Яковлевой и др.) было открыто и всесторонне изучено новое явление – структурное превращение в сталях под действием сильного импульсного магнитного поля, ставшее в физическом металлведении основой целого научного направления, которое можно назвать «магнитная закалка стали». Серьёзный вклад в развитие этого направления внесён лабораторией электрических явлений (И.Г. Факидовым, Э.А. Завадским, Л.Н. Ромашевым, А.А. Леонтьевым, Л.Д. Ворончихиным). Наличие сильных магнитных полей позволило детально изучить магнитные свойства металлов и сплавов, в частности суперпарамагнетиков – веществ, состоящих из немагнитной (или слабомагнитной) матрицы с распределёнными в ней магнитными частицами (кластерами) наномасштабных размеров.

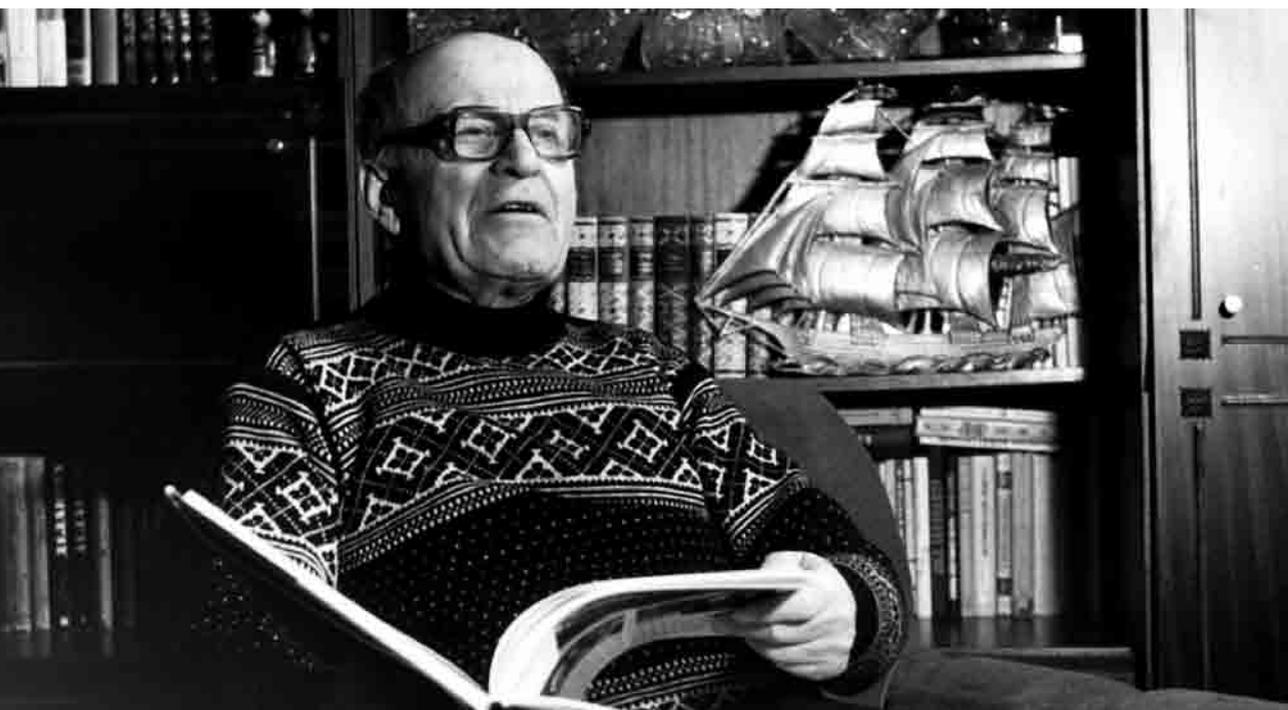
С созданием установок сильных импульсных магнитных полей появились новые возможности решения не только научных, но и технических задач. Нужно сказать, что И.Г. Факидов всегда уделял большое внимание связи науки с производством. Поэтому ему удалось найти перспективные технические применения импульсным магнитным полям. Особенно актуальны его работы по магнитно-импульсному съёму электролитически осаждённых металлов (цинка, никеля, меди) с катодов. Они выполнены им совместно с высококвалифицированным помощником – ма-



Выступление И.Г. Факидова на научном семинаре о суперпарамагнетизме сплавов



И.Г. Факидов и И.И. Кунцевич за обсуждением съёма с катодов электролитических осадков цинка с помощью импульсного магнитного поля



Дома с альбомом своего друга-челюскинца художника Ф.П. Решетникова

стером на все руки Ильей Ивановичем Кунцевичем, аспирантом А.А. Сеногоевым и представителем «Средазниипром» инженером В.Ч. Цоем. Многие технические решения, предложенные И.Г. Факидовым, защищены авторскими свидетельствами и патентами, а сам он удостоен знака «Изобретатель СССР».

Многие годы И.Г. Факидов занимался активной педагогической деятельностью, работая по совместительству на кафедре общей физики Свердловского государственного пединститута. Решением ВАК от 7.10.1961 г. И.Г. Факидов был утвержден в учёном звании профессора по кафедре «физика».

В лаборатории электрических явлений более десятка человек – аспирантов и соискателей (А.Е. Бузынов, А.А. Самохвалов, Н.И. Давиденко, Э.А. Завадский, Б.В. Знаменский, В.Н. Новогрудский, Ю.Т. Коврижных, Л.Д. Ворончихин, А.М. Бурханов, Л.Н. Ромашев, М.А. Гасанов, Э. Клейменов, А.А. Сеногоев, В.Ч. Цой) – под руководством Ибрагима Гафуровича подготовили и защитили свои кандидатские диссертации, что открыло им дорогу к дальнейшим научным достижениям. Начав свой научный творческий путь в лаборатории электрических явлений, стали докторами наук, известными учёными: Надежда Павловна Гражданкина – первая женщина доктор физико-математических наук в институте, Алексей Андреевич Самохвалов, создавший и возглавивший лабораторию магнитных полупроводников, Эдвальд Абрамович Завадский, ставший директором Донецкого физико-технического института, широко известного научными достижениями.

Таким образом, вместе со многими достойными людьми профессор И.Г. Факидов внёс яркий вклад в летопись Института физики металлов УрО РАН.

*Л.Н. Ромашёв*

---

# Вспоминая Николая Михайловича РОДИГИНА

Жил в древней Греции  
безумный Герострат,  
Желаньем славы обуянный,  
он, не жалея никаких затрат,  
Поджёг эфесский храм Дианы.  
Он пожелал стать гениям сродни,  
и своего достиг!  
Спросите в наши дни:  
«Каким глупцом, каким дегенератом,  
Сожжён был дивный храм,  
тому пять тысяч лет?»  
И вы услышите в ответ:  
«Безумным Геростратом!»  
А если спросите потом:  
«А кто его построил, интересно?»  
Все будут вспоминать с трудом,  
и наконец ответят: «Неизвестно!»

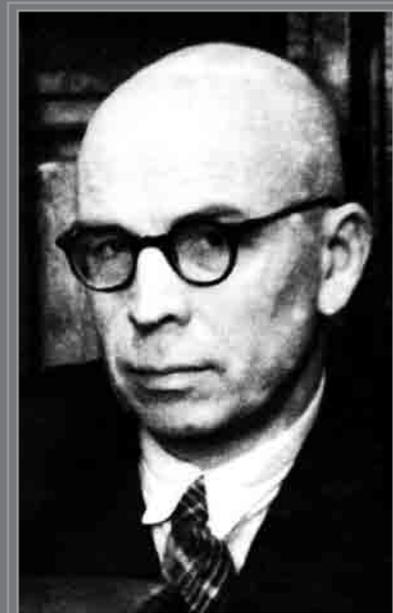
*Поэт-сатирик*

Продолжительность человеческой жизни ничтожна в сравнении со сроком существования Вселенной и даже в сравнении с продолжительностью существования Человечества. И практически каждый человек за этот краткий отпущенный ему судьбою миг пытается оставить после себя хоть какой-то след. Очень не хочется, чтобы через 10–20 лет о тебе помнили только родственники. Одни избирают путь, проложенный Геростратом, другие, в меру своих сил и возможностей, стараются совершать добрые дела, которые останутся в памяти последующих поколений, даже если имя их создателя уже будет забыто. Об одном из таких людей и его делах мы сегодня и вспоминаем.

Николай Михайлович Родигин родился 12 марта 1893 г. в городе Перми в семье служащего. Отец умер, когда мальчику исполнилось шесть лет. Забота о семье легла на плечи матери – сельской учительницы.

Маленький Коля был способным и старательным учеником. Окончив деревенскую начальную школу, он продолжил учебу в Пермском реальном училище. Его определили в интернат для детей малообеспеченных

---



учителей, где за жильё и пропитание брали только половину стоимости. Однако и на таких условиях оплачивать содержание мальчика матери было не под силу. Директор реального училища, узнав об этом, устроил Колю репетитором одного из учеников, родители которого могли оплатить его услуги. Затем у юного «преподавателя» появились ещё ученики, что позволило ему вскоре обходиться без помощи матери. Помимо заработка репетиторство помогало Коле в совершенстве осваивать учебный материал, что способствовало его выдвижению в число лучших учеников.

По окончании реального училища Николай Родигин поступил в Санкт-Петербургский электротехнический институт, где получал стипендию, поскольку учебные задания выполнял досрочно. Он подготовил и защитил сразу два дипломных проекта: «Электроснабжение города Перми» и «Выбор наивыгоднейшего вакуума паровых турбин». Советом института 20 мая 1916 г. ему было присвоено звание инженера-электрика первого разряда.

Затем, как мы знаем, наступил 1917 год. Пришедшие к власти большевики, несмотря на потери в экономике от империалистической агрессии и Гражданской войны, сразу взяли курс на индустриализацию и электрификацию страны. Тут и пригодился молодой новоиспеченный инженер-электрик Николай Родигин. В отличие от героя пьесы «Кремлевские куранты» инженера Забелина он не торговал на базаре спичками, а сразу принял участие в строительстве электростанции. Читаем документ.

Российская Федеративная Республика Советов.  
Уральский областной Совет  
Рабочих и Крестьянских Депутатов.

Предъявитель сего инженер по проектированию электрического оборудования районной станции Кизеловского округа Николай Михайлович Родигин командировается на Уральские машиностроительные заводы для осмотра и ознакомления с силовыми установками.

Ввиду важности пред Областным Правлением заводов поручения для всего Урала просим Советские и Рабочие организации содействовать предоставлением всех нужных сведений.

27 апреля 1918 года.

Николай всецело отдавался интересной и трудной работе. Пригодились знания, полученные им ещё на лекциях известного ученого-энергетика, будущего академика, Генриха Осиповича Графтио.

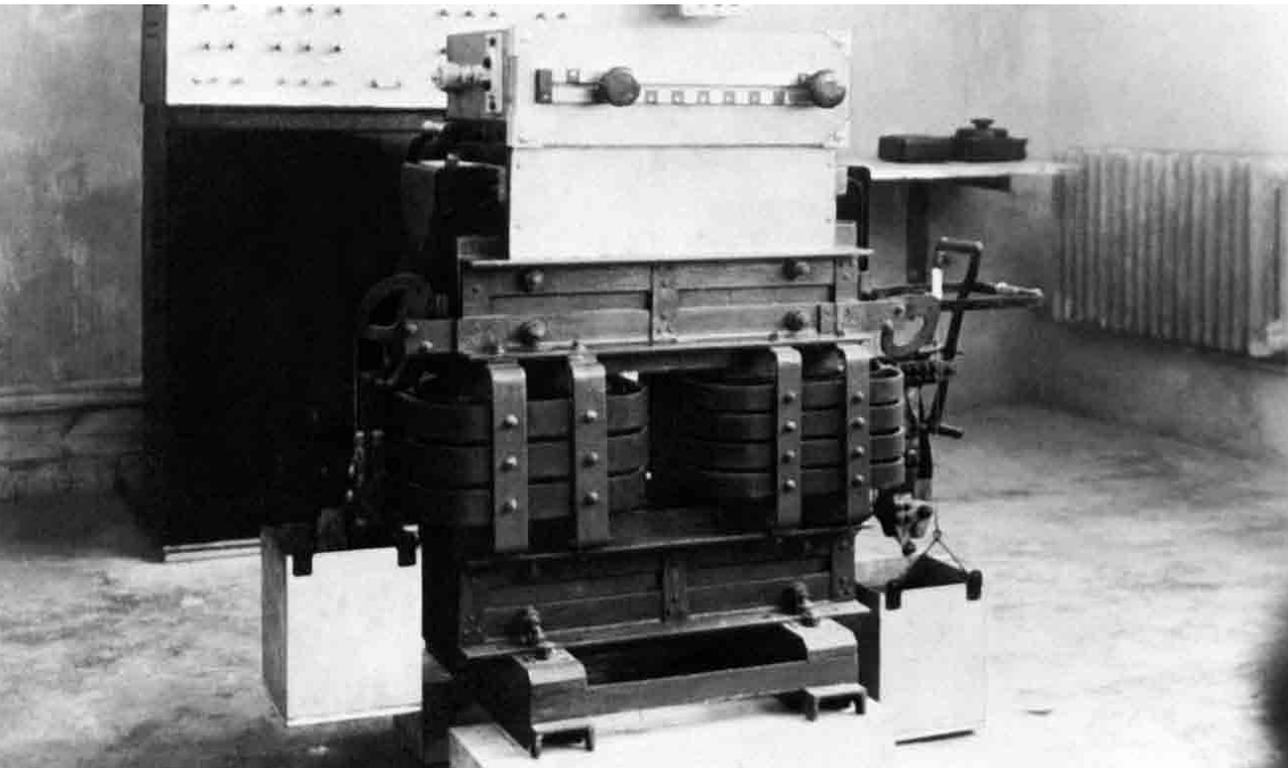
Однако произвести электроэнергию мало, нужно еще обеспечить её рациональное использование в промышленности. У Николая Михайловича появляется новое увлечение – проектирование и внедрение в производство электрических установок по нагреву деталей и заготовок вихревыми токами промышленной частоты.

Может возникнуть вопрос: «А зачем нагревать детали с помощью дефицитного и дорогого электричества, когда в стране (в те времена) огромные запасы древесины, угля и мазута?». Дело в том, что нагревание в пламенных печах имеет много недостатков. Для прогрева крупной детали требуется значительное время. Детали в партии, расположенные ближе к середине, нагреваются сильнее находящихся с краю. Температура пламени в печи почти всегда гораздо выше той,

до которой требуется нагреть деталь. Раскаленные продукты горения неизбежно окисляют поверхность нагреваемой детали.

Если нагревать детали просто в электрической («муфельной») печи, то масса электроэнергии расходуется зря, а процесс нагрева достаточно длителен. Можно осуществить нагрев, пропуская электрический ток по самой детали, подключенной к сети специальными электродами. Однако в этом случае неизбежен перегрев (прижог) детали в месте её контакта с электродами. Да и сам такой контакт не всегда осуществим.

Выход здесь – в применении бесконтактного индукционного нагрева. Индукционный нагрев основан на использовании тепла, выделяемого протекающими в детали вихревыми токами, вызванными переменным магнитным полем, пронизывающим деталь и обусловленным протеканием переменного тока по индуктору – специальной катушке, охватывающей деталь (или её часть). Подключать деталь никуда не надо, достаточно внести её в индуктор, подсоединенный к сети. Тепло выделяется в самой детали, поэтому нагрев осуществляется в минимальное время. Деталь можно поместить в бокс, изолирующий её от контакта с внешней окисляющей средой. Более того, вокруг детали можно создать атмосферу инертного газа или вообще обеспечить вакуум. Применение для питания индуктора тока промышленной частоты существенно упрощает нагревательное устройство, позволяя обойтись без дорогостоящих и дефицитных (в те времена) инверторов. Вместе с тем в зависимости от размеров и материала, из которого изготовлена, деталь, она нагревается вихревыми токами по раз-



Установка Н.М.Родигина для скоростного электронагрева стальных изделий, 1950-е гг.

ному. Если деталь ферромагнитная (стальная), режим работы нагревателя резко изменяется при нагреве выше точки Кюри. Нагреваемые детали неизбежно нагревают сам индуктор, поэтому его надо изготавливать из медной трубки и пропускать по ней охлаждающую жидкость (воду). Все это приходилось учитывать Николаю Михайловичу в ходе проектирования и конструирования нагревательных установок. Благодаря отличной теоретической подготовке и инженерной смекалке Родигина всегда находились удачные и оригинальные технические решения. Он настолько увлекся индукционным нагревом, что с успехом задействовал его в подготовке труб к сварке на морозе. В период с 1927 по 1936 г. Николай Михайлович строил и внедрял свои установки на сталелитейном заводе города Перми, а с 1936 по 1939 г. – на заводе «Уралэлектромашина» (впоследствии – «Электротяжмаш») и некоторых других.

Его опыт оказался бесценным в годы Великой Отечественной войны, когда страна в срочном порядке в сжатые сроки была вынуждена многократно увеличить выпуск продукции тяжелого машиностроения. Многие заводы были эвакуированы с занятой врагом территории и налаживали работу на Уральской земле. В эти годы по проекту Николая Михайловича в Челябинске был построен целый цех на одном из оборонных заводов.

После войны Николай Михайлович успешно занимался разработкой теории и практическим внедрением на уральских заводах приборов для обнаружения производственных дефектов в изделиях методом вихревых токов. Наряду с этим он писал книги, руководил аспирантами, был членом редколлегии журнала «Дефектоскопия», выступал активным поборником внедрения в практику достижений только что появившейся кибернетики. Он увлекался созданием импульсных установок. Заряжая мощный конденсатор до высоких напряжений, он затем разряжал его при помощи игнитрона (специальной мощной лампой с ртутными парами) через небольшую плоскую катушку. При этом положенный на неё латунный лист с грохотом подлетал к потолку. Николай Михайлович ликовал как ребенок. Любил музыку, шахматы, настольный теннис. В Кировском районе недалеко от школы № 36 (угол улиц Малышева и Мира) имелся зимний каток. Допуск на него был свободный, и он был любимым местом проведения вечеров зимой. Николай Михайлович жил неподалеку и уже в преклонном возрасте охотно посещал его. До конца своих дней Николай Михайлович сохранял бодрость духа и ясность мысли.

Вот уже 25 лет, как его нет с нами, но его дела и идеи живут в трудах его учеников.

В заключение приведем краткий перечень основных этапов его жизни. В 1916–1918 гг. – инженер электрического цеха и электрического отдела Лысьвенского механического завода; 1918–1919 гг. – электротехник Северной группы Кизеловских копей (Кизел); 1919–1922 гг. – заведующий электромеханическим бюро Судженских копей (г. Анжеро-Судженск); 1923 г. – преподаватель электротехники в Пермском индустриальном техникуме; 1924–1936 гг. – начальник электросети, начальник электроцеха, главный энергетик, главный механик, начальник 2-го технического управления, начальник энергобюро, старший инженер электротермической секции НИО Союзного машиностроительного и сталелитейного завода (Пермь); 1936–1940 гг. – старший инженер-конструктор по индукционным печам завода «Уралэлектромашина» (Свердловск); в 1940–1982 гг. – руководитель группы по электронагреву, с.н.с. лаборатории электромагнетизма Института физики металлов УФАН АН СССР.

*Ю.Я. Реутов*

---

## О научном руководителе Якове Савельевиче ШУРЕ

Яков Савельевич Шур (20.04.08–24.05.86) – известный физик-экспериментатор в области магнетизма и физики магнитных материалов, член-корреспондент АН СССР (1970 г.), лауреат Государственной премии и Премии Совета министров СССР (1967 и 1985 г.), заведующий лабораторией ферромагнетизма ИФМ АН СССР, награждён четырьмя орденами (Трудового Красного Знамени, Красной звезды и двумя – Знак Почёта).

Он родился в местечке Дубровно Лепельского района Витебской области в семье служащего. Получил первую практику и интерес к электротехнике, работая электриком на телефонной станции. Летом 1932 г., после окончания Ленинградского университета, был принят в состав группы первых научных сотрудников образованного в тот год Уральского физико-технического института (ныне Институт физики металлов УрО РАН).

Первой его работой в науке стало изучение магнитных свойств газов и паров, их магнитной восприимчивости. Под руководством Р.И. Януса он изготовил экспериментальную установку, позволившую надёжно и с большой точностью определять поведение газовых сред в магнитном поле, в частности доказать неизменность магнитной восприимчивости бензола, сероуглерода и других органических соединений при переходе из жидкостного состояния в газообразное [1]. По результатам работы он успешно защитил кандидатскую диссертацию (1936 г.). Интересно отметить, что позже эти работы получили любопытное продолжение. По договору с Ленинградским электромашиностроительным объединением «Электросила» Яков Савельевич изучал изменение магнитных свойств организмов (рыбы) при их переходе из живого состояния в не живое. Естественно, что после успешных экспериментов объекты исследования съедались.

С переездом на Урал объектами научного интереса становятся металлы и сплавы, изготавливаемые и обрабатываемые на уральских заводах. В области физики процессов намагничивания и магнитного гистерезиса ферромагнетиков впервые на монокристаллах железо-кремнистого сплава была установлена значи-

---



тельная анизотропия коэрцитивной силы и магнитной проницаемости, их прямая связь с кристаллографией образца. Был указан эффективный путь достижения в электротехнических сталях высоких магнитных характеристик за счет создания кристаллической и магнитной текстуры – приближения поликристаллического материала к монокристаллу. Открытые в те годы новые способы создания такой текстуры путем термической обработки в магнитном поле или в поле упругих и пластических деформаций [2] до сих пор служат для улучшения технически важных характеристик магнитных материалов.

Разработка теоретических основ магнитных методов контроля позволила Я.С. Шуру вместе с С.В. Вонсовским в годы Великой Отечественной войны создать дефектоскопы и внедрить их на уральских заводах. Применение этих приборов обеспечило значительное увеличение выпуска заготовок артиллерийских снарядов, а сами авторы разработок постоянно присутствовали на полигонах при их испытании, демонстрируя надёжность магнитных методов контроля структуры изделий. И в наше время приборы магнитного контроля по-прежнему создают большие возможности контроля качества изделий машиностроения.

Обобщением результатов исследований стала докторская диссертация, которую Яков Савельевич защитил в 1942 г. [3]

Тематика научных исследований Я.С. Шура существенно расширилась с переводом группы из пяти сотрудников в самостоятельную лабораторию ферромагнетизма и магнитных материалов в январе 1944 г. Я.С. Шур был практически её создателем и бессменным руководителем более 40 лет.

Продолжая исследования физических механизмов формирования магнитной текстуры и закономерностей влияния механических, магнитных, тепловых воздействий и размерных параметров материала на свойства магнитомягких и высококоэрцитивных сплавов, сотрудники лаборатории создали основу разработки новых методов исследования магнетиков, технологичных способов их обработки, получения материалов с наилучшими магнитными свойствами. Были созданы новые магнитомягкие, магнитострикционные и высококоэрцитивные материалы – никоси, фехко, термехвако, разные классы постоянных магнитов. Эти материалы широко используются в электро- и радиотехнике, электронике, акустике и медицине, при создании устройств и приборов специальной техники.

Так, новые магнитострикционные сплавы нашли эффективное использование в устройствах акустического облучения скважинной зоны нефтяных и водонасыщенных пластов для усиления притока жидкости. Применение



Аппарат для контроля корпусов артиллерийских снарядов, 1943 г.



Сотрудники лаборатории ферромагнетизма.  
Слева направо сидят: Л.М. Магат, Я.С.Шур, В.С.Аверкиев, Н.А. Баранова;  
стоят: Ю.Н.Драгошанский, В.Г. Майков

метода и компактной аппаратуры акустического воздействия на водозаборных скважинах Московской области, Урала, нефтяных месторождениях Западной Сибири (г. Сургут), обеспечило значительный экономический эффект.

Другим примером внедрения в промышленность разработок сотрудников лаборатории могут служить стержни нового магнитного материала на основе сплава викаллой – пластически деформируемого сплава термехвако для постоянных магнитов. Обладая повышенной намагниченностью и высокой термо- и временной стабильностью магнитных характеристик, этот материал в качестве магнитно-чувствительных элементов заменил шведскую сталь в морских магнитных компасах, которыми оборудованы 45 тысяч судов нашего флота.

Были разработаны новые пористые ферромагнитные материалы для мощных магнотрикторов, позволившие существенно снизить вес и габариты устройств по сравнению с излучателями из обычных сплошных материалов. Свойствам наиболее важных магнитных материалов и природе связанных с ними физических явлений посвящена фундаментальная монография «Ферромагнетизм», подготовленная Я.С. Шуром совместно с С.В. Вонсовским [4].

Я.С. Шур часто выезжал в командировки с докладами на конференции, для заключения договоров и обсуждения результатов исследований, а также для проведения испытаний изделий из новых магнитных материалов, которые нередко проводились в суровых условиях их эксплуатации. В таких поездках часто воз-



Н.А. Баранова, В.С. Аверкиев, Я.С. Шур

никали новые идеи научных и технических разработок, создания новых материалов и технологических способов их обработки. Так, в конце 1969 г. в г. Львове на конференции по ферромагнитным сплавам, где Я.С. Шур выступил с обзорным докладом, родилось техническое решение в технологии получения постоянных магнитов с удивительными магнитными свойствами. Физические механизмы появления высококоэрцитивного состояния в ферромагнетиках были давно установлены, можно сказать, ещё с той поры, когда в 1935 г. работами Р.И. Януса и В.И. Дрожжиной была открыта высокая анизотропия магнитного сплава железо–неодим с большой коэрцитивной силой, равной 4500 эрстед. Новая технология изготовления магнитов из порошковых материалов требовала одновременного обеспечения в компактируемом образце высоких магнитной текстуры и плотности частиц. Именно прессование ферромагнитных порошков непосредственно в магнитном поле электромагнита с применением оригинальной конструкции прессующих элементов и обеспечило создание монолитного изделия с высокими магнитной текстурой, намагниченностью и коэрцитивной силой. Магниты, изготовленные по такой технологии, обладали рекордной по тем временам магнитной энергией до 32 млн гаусс-эрстед, равной теоретическому пределу для материалов этого класса [5]. Их максимальная магнитная энергия более чем в 3 раза превышала таковую лучших тогда дорогих магнитов, наполовину состоящих из платины. Магниты удерживали объекты в 500 раз тяжелее их собственного веса. Неудивительно, что с тех пор в институт стала приходиться масса писем от представителей атомной и электронной промышленности с просьбами о производстве таких магнитов для различных технических и научных целей.

Под руководством Я.С. Шура на основе магнитов высокой энергоёмкости были выполнены заказы Московского автозавода им. И.А. Лихачёва по разработке и созданию малогабаритных устройств для удержания металлических деталей, а для ПО «Уралмаш» созданы бесконтактные магнитные муфты к прокатному оборудованию. Ещё одна памятная работа – создание магнитных устройств к прядильным станкам для прекращения их работы при обрыве нити (авт. св. СССР № 920082). Выполнение этого заказа Яковлевского льнокомбината Ивановской области резко подняло производительность труда на предприятии, обеспечило экономию сырья и значительно облегчило труд прядильщиц. Об этом сообщала газета «Известия» от 19.01.80. Новая технология изготовления магнитов с высокими энергетическими характеристиками была передана пышминскому заводу «Гиредмет». Были разработаны и переданы для клинического использования устройства для контроля усилий в аппаратах остеосинтеза костных тканей

конечностей, определения степени восстановления целостности челюстей при переломах, извлечения ферромагнитных инородных тел из глаза (авт. св. СССР № 1124962). Яков Савельевич был соавтором ещё восьми изобретений материалов для постоянных магнитов, способов их получения и обработки.

Следует отметить, что, стремясь направлять результаты научных исследований и разработок в производство, Яков Савельевич был против чрезмерного участия ученых в заводской работе. Считал, что долг и основная обязанность академического института – развитие фундаментальных исследований. Внедрением новых разработок ученых должны заниматься отраслевые институты и непосредственно сами предприятия. Показав пример практической пользы новых магнитных материалов на одном из заводов, он отказал в выполнении аналогичной работы, ставшей уже чисто технической, директору Московской тонкосуконной фабрики А.Л. Масловой (сестре автора этих строк). Такая работа была выполнена позже силами самого Министерства текстильной промышленности, чему способствовали настойчивые требования академика С.В. Вонсовского, бывшего в то время депутатом Верховного Совета РСФСР.

В научной тематике лаборатории прибавились исследования тонких магнитных пленок как основы материалов для магнитной записи информации с высокой плотностью (Б.Н. Филиппов), высокодисперсных магнитных порошковых материалов для постоянных магнитов (Г.С. Кандаурова, А.Е. Ермаков, О.А. Иванов), был освоен метод ядерного ферромагнитного резонанса для изучения структуры сплавов (В.В. Сериков, Н.М. Клейнерман).

С расширением научной тематики рос и коллектив лаборатории. В 1970–80-х гг. он составлял более 120 научных сотрудников, инженерно-технических работни-



Я.С. Шур, А.С. Ермоленко, А.Е. Ермаков



Я.С. Шур за прибором для наблюдения вида доменной структуры ферромагнетиков

ков и лаборантов. Яков Савельевич определил чёткую структуру лаборатории, состоящую из тесно взаимодействующих групп. Они были созданы на основе сложившихся в лаборатории направлений исследований, которые продолжают оставаться и в настоящее время основными в трёх магнитных лабораториях теперь уже отдела ферромагнетизма в институте. Перечисление этих групп, руководимых ведущими научными сотрудниками, показывает широту тематики исследований. В 1973 г. это были группы теоретических исследований (Б.Н. Филиппов), тонких магнитных пленок (А.А. Глазер), сплавов на основе редкоземельных элементов (А.С. Ермоленко), исследований кристаллоструктуры (Л.М. Магат), процессов технического намагничивания (В.А. Зайкова), механизма наведенной магнитной анизотропии (И.Е. Старцева), доменной структуры и электромагнитных потерь в магнитомягких ферромагнетиках (Ю.Н. Драгошанский), доменов взаимодействия в высококоэрцитивных сплавах (М.Г. Лужинская), магнитострикционных материалов (Н.А. Баранова), а также технологическая группа (В.Г. Майков), экспериментальная мастерская (Н.А. Компанейцев), конструкторская группа (В.С. Аверкиев) и Таватуйская физико-гидрологическая станция (А.И. Меркурьев). Яков Савельевич многие годы обучал студентов Уральского госуниверситета основам физики магнитных явлений, знакомил с природой свойств ферромагнитных материалов. Многие студенты выполняли курсовые и дипломные работы непосредственно под его руководством, и после окончания университета были приняты в ин-

ститут. Примером этого являются 15 сокурсников университета 1956 г., пришедшие в институт после окончания учёбы. К их числу принадлежит и автор этих строк.

Наряду с изучением природы магнитных свойств высококоэрцитивных материалов Яков Савельевич большое внимание уделял развитию исследований магнитомягких материалов и прежде всего важнейших из них – электротехнических сталей и сплавов. Основной проблемой здесь были большие потери энергии при перемагничивании магнитопроводов в трансформаторах, электрогенераторах, магнитострикционных преобразователях, составляющие не менее 6 % от всей вырабатываемой в стране электроэнергии. Для повышения магнитных характеристик огромной массы этих технически важных ферромагнетиков необходимо было знать вид и динамическое поведение их магнитных доменов, в значительной мере ответственных за уровень магнитных свойств. Для этого, прежде всего, разрабатывались сравнительно простые, надёжные и достаточно информативные методы наблюдений.

Большая заслуга Якова Савельевича в создании таких экспериментальных методик для наблюдения вида доменной структуры ферромагнетиков.

Впервые в стране был разработан метод порошковых фигур – приготовление стабильных суспензий из частиц магнетита микронных размеров и получение полированной не напряжённой поверхности образца [6]. Магнитооптические методы, основанные на повороте плоскости поляризации света при прохождении или отражении от намагниченной среды (эффект Керра), метод сканирования быстройпротекающих процессов, метод рентгеновской дифракционной топографии позволяли исследовать сложные изменения доменной структуры сплавов в постоянных, переменных и вращающихся магнитных полях, а также при изменении температуры и напряженного состояния исследуемых материалов. Была создана установка для наблюдения вида и поведения доменной структуры одновременно на смежных или противоположных поверхностях тонколистовых кристаллов.

Всё это позволило сравнительно просто выявить объёмное распределение намагниченности в металлическом непрозрачном образце, экспериментально подтвердить теоретически предполагаемые и обнаружить новые модели доменной структуры многоосных магнетиков, связанные с размерами, формой и кристаллографической ориентацией поверхности кристалла, его магнитоупругим состоянием и неоднородностями кристаллической структуры. Были определены условия возникновения зародышей перемагничивания и формирования многодоменного состояния в магнитно-одноосных и магнитно-трёхосных кристаллах, а также вихретоковая природа аномальных магнитных потерь в электротехнических сталях, связанная с укрупнением доменов при повышении степени совершенства магнитной текстуры материала. Впервые в мировой практике установлена оптимальная кристаллографическая ориентация зёрен трансформаторных сталей, соответствующая минимуму магнитных потерь, которая дала ориентир учёным и производственникам для совершенствования технологии изготовления анизотропных электротехнических сталей. Результаты исследований, новые материалы, приборы и устройства неоднократно экспонировались на ВДНХ СССР, отмечены грамотами и медалями выставки. Яков Савельевич очень ценил эти работы, дававшие наглядную информацию о магнитной структуре сталей и сплавов, способствующую сознательному управлению их технически важными характеристиками.

Как было показано экспериментально, минимальным электромагнитным потерям соответствует не идеальная ребровая ориентация кристалла, а наклонное относительно поверхности положение намагниченности в нём. В связи с этим вспоминается интересный эпизод, происшедший в 1981 г. в городе металлургов Аше на конференции по физике и металловедению электротехнических сталей и сплавов. В результате ошибки журналиста, принявшего в докладе Я.С. Шура незнакомое слово «домены» за известное ему слово «домны», в городской газете «Искра» за 17.09.1981 в статье «Физика магнитных явлений – путеводная звезда» появилось сенсационное заявление о том, что учёные советуют все домны в стране строить наклонными.

В дальнейшем в лабораторных исследованиях было определено поведение магнитных доменов в монокристалльных и поликристаллических магнитомягких ферромагнетиках под действием упругих напряжений, изменения температуры, в постоянных, знакопеременных и вращающихся магнитных полях. Эти детальные знания о доменной структуре позволили предложить эффективные пути совершенствования магнитных свойств многих ферромагнитных сплавов и прежде всего трансформаторных сталей. В этих целях на научно-техническом совещании, организованном Я.С. Шуром на базе Верх-Исетского металлургического завода в апреле 1977 г., по его предложению и под его председательством была организована секция «Электротехнические стали» при научном совете АН СССР по проблеме «Физика магнитных явлений». Эта межведомственная секция, состоящая из специалистов исследовательских институтов, университетов и заводских лабораторий, стала координатором деятельности исследовательских учреждений страны, работающих в этой области, направляя исследования и разработки прежде всего на повышение качества электротехнических сталей. Яков Савельевич регулярно проводил заседания секции, всякий раз выезжая на один



Участники конференции по физике и металловедению электротехнических сталей, г. Свердловск, 1968 г.

из металлургических заводов (Челябинский, Липецкий, Череповецкий, Ашинский, Верх-Исетский) или в отраслевые институты (Всесоюзный институт трансформаторостроения, г. Запорожье, Институт прецизионных сплавов ЦНИИЧермет, г. Москва, УЗПС, г. Берёзовский, Ленинградский НИИ электрофизической аппаратуры). Ежегодно при Свердловском доме науки и техники проводились научно-технические конференции по физике магнитомягких материалов и повышению качества электротехнических сталей.

Обсуждая годовые планы исследований и результаты работ, участники секции и конференции направляли усилия на решение самых актуальных научных и производственных проблем. Яков Савельевич хорошо знал особенности производства электротехнической стали на Верх-Исетском металлургическом заводе, возникавшие в процессе производства технологические трудности и подключал сотрудников к решению заводских проблем. Так, магнитологи и металлореды института помогали найти и устранить причины неплоскостности трансформаторной ленты, возникавшей в процессе холодной прокатки, регулярно информировали работников заводской лаборатории о достижениях и новых возможностях в области магнитомягких материалов, вместе с заводскими сотрудниками решали проблему повышения магнитной проницаемости и снижения магнитных потерь в стали за счет управления макрокристаллической и микродоменной магнитной структурами материала. Литературным результатом этих работ стали научные статьи, подготовленные совместно с сотрудниками завода.

Яков Савельевич в 1970-х гг. направил группу сотрудников (В.В. Губернаторова, Ю.Н. Драгошанского, Б.К. Соколова) на Ашинский металлургический завод, где в то время производство тонкой стальной ленты для кинескопов заменялось на производство тонкой (менее 80 мкм) ленты трансформаторной стали для высокочастотных применений. В результате сотрудничества заводские инженеры получили рекомендации по повышению размера зерна в стали. А вместе с сотрудниками Института химии УНЦ на основе изучения влияния плоскостных напряжений были разработаны и внедрены магнитоактивные электроизоляционные покрытия на сталь и аморфную магнитную ленту. В дальнейшем на основе изучения индуцированной магнитной анизотропии и зависимости магнитных потерь от размеров доменов был разработан ряд эффективных технологических способов управления величиной зерна в стали, типом и размерами магнитных доменов, подвижностью доменных границ. Это обеспечивалось за счет термоманнитных, термомеханических обработок и введения в материал упорядоченных магнитных неоднородностей. Результаты работ не только дали новые знания о процессах перемагничивания и природе свойств магнитных материалов, но и способствовали решению важной производственной задачи, представленной на транспаранте при открытии нового цеха холодной прокатки ВИЗа: «Сталь с магнитными потерями менее 0.95 Вт/кг – наша цель!». В настоящее время эта величина достигнута не только в лабораторных условиях, но и в заводском производстве, где начинают использовать эффективные способы улучшения технологии, впервые разработанные в нашем институте в группе электротехнических сталей под руководством Я.С. Шура.

В конце 1970-х гг. в лаборатории была создана экспериментальная установка для получения лент аморфных ферромагнетиков методом быстрой закалки расплава на поверхности вращающегося медного диска. Начались активные ис-



С.Н. Петрова, М.Н. Михеев, С.В. Вонсовский, А.П. Александров, С.К. Сидоров, Я.С. Шур, В.Е. Щербинин, 1982 г.

следования структуры и свойств этих перспективных магнитомягких материалов для использования в малогабаритных устройствах в области повышенных частот перемагничивания. Этот новый класс магнитомягких материалов, имея высокое электросопротивление и малую толщину ленты, обладает низким уровнем магнитных потерь и достаточно высокой намагниченностью насыщения. Магнитные свойства материала существенно улучшаются в результате применения текстурирующих и локально-деформирующих воздействий, а созданный в лаборатории материал уже внедряется на предприятиях электронной промышленности (например, п/я Р-6553) и в геологоразведке. Яков Савельевич, всячески поддерживая работы в этой области, с большой гордостью демонстрировал новый материал высоким гостям.

Большой объём исследований в лаборатории проводился по спецтематике, непосредственно для обороны страны. Яков Савельевич был соавтором 10 авторских свидетельств на изобретения, которые лишь частично отражают успешное выполнение работ в этой важной области магнитно-прикладных исследований. Большую работу под его руководством осуществляли сотрудники лаборатории, выполняя исследования по заданиям и хозяйственным договорам со многими промышленными предприятиями и в институте и выезжая вместе с ним на испытания созданной аппаратуры. Все прикладные разработки, краткая информа-

ция о которых приведена ранее, стали результатом фундаментальных исследований по магнетизму и физике магнитных материалов, физических механизмов модификации электромагнитных свойств сплавов, проводимых в лаборатории. Эту тесную связь глубоких теоретических, экспериментальных исследований с серьезным практическим выходом отметил президент АН СССР академик А.П. Александров на заседании Президиума академии после знакомства с работами института и посещения лаборатории ферромагнетизма в 1982 г.

Самостоятельно и в соавторстве с сотрудниками Яков Савельевич опубликовал более 320 научных статей, в том числе две монографии. Под его руководством подготовили и защитили диссертации 12 докторов и более 40 кандидатов наук. Он внёс большой вклад в физику магнитных материалов, а также в подготовку будущих ученых, помогая научному росту студентов, аспирантов и сотрудников своей лаборатории а также их устройству в быту. Так, автор этих строк, даже не став ещё аспирантом и сотрудником института, получил возможность работать в бригаде самстроа, в результате чего к концу 1958 г. получил жильё от института.

В лаборатории ферромагнетизма, как и в институте в целом, всегда была спокойная творческая обстановка, регулярно проводились научные семинары. Яков Савельевич всякий раз приглашал на них сотрудников соседних лабораторий, специалистов по обсуждаемым вопросам. В их числе, например, постоянно участвовали физик-теоретик К.Б. Власов, профессора Уральского университета Г.С. Кандаурова, Ф.Н. Дунаев, гости из других институтов и зарубежья (из Соединённых штатов, Китая, Германии, Чехословакии). Помню, как американский теоретик профессор Массачусетского университета Джон Гудинаф быстро отказался от своей однофазной модели замыкающих доменов в трёхосных кристаллах и согласился с нашей двухфазной, с механизмом перестройки однодоменного состояния в многодоменное, экспериментально установленное нами. После встречи он прислал в адрес Якова Савельевича благодарственное письмо. А встреча с профессором Б.В. Молотиловым закончилась репликой Якова Савельевича: «Директор московского центрального института (ИПС ЦНИИЧермет), и держится так скромно!».

Яков Савельевич и сам держался достаточно скромно, был спокойным и уравновешенным, никогда не повышал голос в общении с подчиненными. Вспоминается такой пример. Действия одного молодого аспиранта привели к пожару. При разогреве парафина в чаше на электроплитке с открытой спиралью капля расплава вспыхнула, огонь быстро перекинулся на стенки вытяжного шкафа. Малый огнетушитель, висевший рядом, не сумели раскрутить, и пришлось выбежать в коридор за большим кислотным огнетушителем. Вахтёр тут же вызвала пожарных, которые располагались вблизи института и быстро приехали. Пожар к этому моменту был потушен, хотя вытяжной шкаф невосполнимо пострадал. В присутствии пожарных и многих любопытствующих подошёл ко мне Яков Савельевич (виновником пожара был я). Ожидал я взрыва возмущения, а вместо этого услышал вполне добрые слова: «Ну, как? Научились тушить пожары?».

Яков Савельевич и вне работы часто проводил общие встречи в коллективе. Были выезды в лес вблизи нашей физико-гидрологической станции; устраивались капустники, отмечались общие праздники, защиты диссертаций сотрудниками и юбилеи лаборатории, на которых он знакомил новых коллег с историей лабо-

ратории, её тематикой, пояснял ближайшие планы. Свою научную работу и руководство большим коллективом он сочетал с постоянной общественной деятельностью. Он был секретарём ученого совета и ответственным за подготовку научных кадров в институте, в разное время избирался комсомольским секретарём, секретарём партбюро и председателем месткома, являлся председателем секции физики магнитных материалов научного совета АН СССР по проблеме «Магнетизм», был заместителем главного редактора журнала «Физика металлов и металловедение».

Он был и садоводом на своей даче, и автомобилистом, и туристом, совершавшим походы в горы в южных районах страны. Его оптимизм, увлечённость научной работой, общественная и научно-организационная деятельность, высокая ответственность за порученное, активная заинтересованность во всём, что связано с деятельностью института, а также сочетание доброжелательности и требовательности к сотрудникам – могут служить наглядным примером преданности науке, примером активной жизненной позиции. Научные труды Я.С. Шура составляют основу дальнейших исследований в области физики магнитных явлений, магнитной структуры и свойств магнитных материалов.

*Ю.Н. Драгошанский*

### Список литературы

1. Янус Р.И., Шур Я.С. Новый способ определения магнитной восприимчивости газов и паров. Магнитная восприимчивость паров бензола и брома // Доклады АН СССР, 1934, Т. 2, С. 465–467.
2. Шур Я.С. Анизотропия гистерезиса в ферромагнитных монокристаллах // ЖТФ, 1938, Т. 8, № 20, С. 1817–1823.
3. Шур Я.С. Некоторые физические методы улучшения магнитных материалов: Докторская диссертация. Свердловск: УрФТИ, 1942. 170 с.
4. Вонсовский С.В., Шур Я.С. Ферромагнетизм. М.-Л.: ГТИ, 1948. 820 с.
5. Шур Я.С., Ермоленко А.С., Королёв А.В. Монокристаллы самарий-кобальт с магнитной энергией 32 миллиона гаусс-эрстед // Письма в ЖЭТФ. 1973, Т. 17, № 9, С. 499–501.
6. Шур Я.С., Абельс В.Р. Изучение магнитной структуры кристаллов кремнистого железа методом порошковых фигур // ФММ, 1955, Т. 1, № 1, С. 11–17.

---

# ТЕОРЕТИКИ

---



---

# Кирилл Борисович ВЛАСОВ:

## ЖИЗНЬ В НАУКЕ

Настоящие воспоминания о Кирилле Борисовиче Власове написаны одной из его дочерей – частью с его собственных слов и воспоминаний (в том числе опубликованных в коротком автобиографическом очерке [1]), частью с использованием документов из личного дела, хранящегося в архиве Института физики металлов ИФМ УрО РАН (где он проработал 53 года), а частью на основе рассказов его коллег и учеников.

### Родители

Отец – Борис Герасимович Власов (1892 – 1942 гг.). Один год учился в Технологическом институте в Петербурге. Под нажимом патриотически настроенной матери бросил институт и поступил в юнкерское училище (потом его списали по близорукости). В конце Гражданской войны мать и братья уехали в эмиграцию на пароходе, где было зарезервировано место и для него, но он сделал выбор и остался с женой и маленьким сыном Кириллом в Крыму. Работал сначала счетоводом-десятиником, а с 1928 г. – техником строителем. Всю жизнь семья жила в страхе, что прошлое откроется. Жили трудно. Сам делал для дома мебель: кровать, шифоньер.

Мать – Таисия Константиновна Письменская (1894 – 1980 гг.). Училась в Петербурге на Высших женских курсах. Февральскую революцию встретила восторженно, но перед Октябрьской революцией вернулась в Новочеркасск, не закончив курсы. Большею частью – домохозяйка. Работала также секретарем, стилоскописткой на заводе.

### Детство и отрочество

Кирилл Борисович Власов родился в г. Новочеркасск Ростовской области 4 апреля 1920 г. Семье пришлось много раз менять место жительства. Жили в Крыму (в Крымском заповеднике и совхозе Хан-Эли (Алексиана) между Бахчисараем и Севастополем), в Сарепте (Красноармейске) Сталинградской области (позднее – Красноармейский район Волгограда), самом

---



Сталинграде, городах Орджоникидзе (Владикавказе), Ельце, Горьком (Нижнем Новгороде).

В 1927 г. в Крыму было сильное землетрясение. Кирилл чудом остался жив – над его кроваткой наклонилась и едва не обрушилась стена. После этого он всю жизнь заикался, сначала – мучительно, особенно – когда волновался, позднее – уже меньше.

Кирилл Борисович рассказывал<sup>1</sup>:

Эпицентр был в Ялте; в Алушке разрушились все дома кроме Воронцовского дворца. Землетрясение случилось ночью. Меня на ночь обычно привязывали к кровати одеялом с завязками. Отец оборвал завязки, схватил меня, и мы втроем с матерью выскочили наружу. Моя кровать стояла рядом с заложённой кирпичом дверью в другую комнату. Эта кирпичная кладка наклонилась над кроватью и чуть не рухнула. Во дворе было каменное производственное сооружение (типа кузницы, сарая или конюшни). Я увидел, как стена этого строения начала шевелиться и рухнула. Во дворе меня посадили на телегу-линейку (с плоским дном), а я с нее упал. С тех пор стал заикаться. После землетрясения в народе ходили страшные слухи, что «Крым провалится». Родители решили уехать из Крыма.

В школьные годы Кирилл много читал. Любил книги про путешествия и приключения – Жюль Верна, Даниэля Дефо, Майн Рида, Фенимора Купера. Ему очень хотелось иметь глобус, но глобусы стоили дорого. И вот, когда жили во Владикавказе, он смог осуществить свою мечту и купить глобус (он хранится в семье до сих пор) – с надписями на осетинском языке латинице (такие глобусы стоили дешево). Любовь к картам и географии осталась на всю жизнь. Интересовался историей.

Самообразованием Кирилл Борисович занимался всю жизнь: впоследствии дома были Малая советская энциклопедия, а позднее – Большая советская, Малая медицинская энциклопедия, Всемирная история искусств. Он знал известных художников и скульпторов, архитектурные стили и архитекторов, созвездия, мог ответить на любой вопрос, связанный с географией. Любознательность сохранилась на всю жизнь. Как-то Кирилл Борисович рассказал, что когда он был на конференции по низким температурам в Харькове (примерно в 1956 г.), произошло солнечное затмение.

Мы вместе с В.-А. С. Боровиком-Романовым (оба тогда были «на равных» – кандидаты физ.-мат. наук) сели в машину и поехали смотреть затмение в Новомосковск (Днепропетровской обл.), где оно было сильнее. Коровы, вопреки ожиданиям, никак не прореагировали: продолжали спокойно жевать траву, а люди суетились, выходили из машин посмотреть...

В юности Кириллу очень хотелось иметь фотоаппарат, но денег на его покупку не было. Он пошел на базар, купил увеличительное стекло, что-то еще и сам смастерил фотоаппарат. В семейном архиве сохранилось несколько пожелтев-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее выделен текст, призванный воспроизвести либо слова самого Кирилла Борисовича или его коллег, либо содержание каких-либо документов.

ших снимков, сделанных этим аппаратом в 1936–1938 гг. На одном из них Кирилл на балконе снимает себя сам, используя для спуска возжи. На другом виден портрет Сталина, который Кирилл сделал сам с помощью приема разбиения имеющегося изображения на квадратики.

В 1938 г. он закончил (с аттестатом отличника) среднюю школу № 19 Автозаводского района г. Горького. Кто-то сказал Кириллу, что раз он заикается, то в университет ему поступать нельзя: педагогом он быть не сможет. Решая вопрос о будущем, Кирилл и его родители решили посоветоваться со знакомым инженером-электриком. Тот сказал, что работа у него интересная. И Кирилл поехал в Свердловск поступать в Уральский индустриальный институт им. С.М. Кирова (УИИ)<sup>1</sup> на энергетический факультет. По дороге Кирилл «застрял» в Кирове – несколько дней не мог оттуда выехать. Он дал матери телеграмму, и та, как гласит семейная «легенда», в свою очередь послала в институт телеграмму: «Едет отличник Власов». Позднее он рассказывал еще один забавный факт, связанный с переездом в Свердловск. Планируя в Горьком свое будущее, Кирилл прочитал, что Свердловск расположен на берегу озера Шарташ. Вспоминая Кавказские горы и зная, что через Свердловск проходит Уральский хребет, он представлял себе, что УИИ стоит на берегу горного озера...



Фото с самодельного фотоаппарата, 1936 г.

### Учеба в Уральском индустриальном институте им. С.М. Кирова

В институте оказалось много желающих быть инженерами-электриками и был недобор – по другой специальности. Поэтому из отличников сформировали группу теплотехников (куда и попал Кирилл), пообещав, что студентов, которые будут хорошо учиться, переведут «на электриков». Но из всей группы только один Кирилл своей настойчивостью добился перевода в другую группу. К нему стал доброжелательно относиться ректор УИИ А.С. Качко и при встрече дружелюбно приветствовал: «А, Малыш!» (здесь нужно пояснить, что сам он был невысоким, а Кирилл – под два метра ростом).

Кириллу очень повезло: физику преподавал Исаак Константинович Кикоин, впоследствии академик Академии наук СССР, дважды Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской, Сталинских и Государственных премий СССР. Это отразилось на всей последующей жизни Кирилла Борисовича [1].

Можно сказать, что в жизни мне улыбнулось счастье, произошло счастливое стечение обстоятельств.

<sup>1</sup> Институт много раз переименовывали. Впоследствии он долго назывался Уральским политехническим институтом, затем - Уральским государственным техническим университетом, а в 2010 г. после объединения с Уральским государственным университетом им. А.М. Горького преобразован в Уральский федеральный университет.



Студент-первокурсник, 1939 г.

Когда я учился в школе, то не мог себе представить, что может быть хуже физики: ну что, удельный вес что ли мерить? У моего прихода в физику и в ИФМ было (как и у марксизма) три источника: оригинальные лекции академика И.К. Кикоина, олимпиада и встреча с В.И. Дрожжиной. Дело было так.

После окончания школы я поступил в Уральский индустриальный институт им. С.М. Кирова учиться на инженера-электрика.

Там мне очень повезло: физику нам преподавал Исаак Константинович Кикоин, известный физик и философ. Лекции он читал нестандартно. До сих пор помню его слова: «О какой-нибудь величине можно говорить только тогда, когда ее можно измерить. Если вы меня спросите: что такое черт? – я вам не смогу ответить». Он так увлекательно читал лекции, что привил любовь к физике.

И.К. Кикоин устраивал студенческие олимпиады по физике. На одной из олимпиад я победил, объяснив опыт Физо...

Позже мы вернемся к этим воспоминаниям. А пока Кирилл продолжал учиться. Когда ему оставался год до окончания института, грянула Великая Отечественная война. Кирилл на фронт не попал, так как медкомиссия «забраковала» его из-за сильного заикания. В 1942 г. он окончил энергетический факультет по специальности «Электрические машины и аппараты, электропривод» и получил диплом с отличием.

### Война. Завод

По окончании института он был направлен на завод № 76 Наркомата танковой промышленности, где проработал в качестве инженера-инспектора по эксплуатации и ремонту электрооборудования с 1942 по 1945 г. Работал в моторном цехе, где делали моторы для танков. Это был цех эвакуированного из Ленинграда Путиловского (Кировского) завода.

Во время учебы в институте К.Б. Власов жил в студенческом общежитии. После окончания института жить стало негде. Пришлось им с матерью снимать частную комнату в Пионерском поселке и потом многократно переезжать там с места на место. Один хозяин спустя какое-то время вдруг сменил условия сдачи и потребовал, чтобы за комнату платили булку хлеба в месяц или съезжали (требование невыполнимое, если учесть, что зарплата у Кирилла Борисовича была около 70 рублей, а булка хлеба на базаре стоила – не по карточкам – около 40 рублей). Как-то удалось найти комнату в не совсем достроенном доме. Но в комнате было холодно, спали в шубах и шапках, не раздеваясь; вода в комнате замерзала.

На заводе инженерам давали самый маленький паёк, а рабочим, мастерам и начальникам цехов полагалось больше. Но и так от недоедания рабочие иногда падали в голодный обморок у станка. К.Б. Власов заболел дистрофией. По заключению врача ему выдали УДП – удостоверение дополнительного пи-

тания (в те дни аббревиатуру УДП, мрачно шутя, расшифровывали как «Умрёшь днём позже»). Это было в 1943 г., а в 1942 г опух от голода и умер его отец.

В.И. Дрожжина вспоминала в 1990 г. на юбилее К.Б. Власова:

Я, наверное, раньше всех познакомилась с Кириллом Борисовичем. Когда-то в военные годы я была послана на турбомоторный завод для того, чтобы там настраивать очередной дефектоскоп. Там не горели лампочки, и мне сказали: «Сейчас к Вам придет дежурный электрик». И пришел такой вот длинный, значит, Кирилл Борисович Власов, и вкрутил лампочки. Ну, я занималась дальше своим делом. А он мне потом рассказывал, что вот пришла какая-то ужасно ученая женщина ...

А вот как вспоминал об этом Кирилл Борисович [1]:

...После окончания института я работал (в 1942–1945 гг.) инженером-инспектором на заводе № 76 НаркомТанкПром. Начальницей у меня была женщина, требующая беспрекословного подчинения, часто бессмысленного. Однажды на заводе я встретился с Валентиной Ивановной Дрожжиной – сотрудником ИФМ, занимавшейся дефектоскопией. Я увидел другую женщину – и по отношению ко мне, и по отношению к работе; и эрудированную, и внешне привлекательную. Она показалась мне похожей на Марию Склодовскую-Кюри. Это было одним из стимулов, чтобы уйти от административного приказа.

Мне тоже захотелось заняться научной работой, стать ученым-физиком. Я решил поступить в аспирантуру ИФМ.

Экзаменационную комиссию возглавлял И.К. Кикоин. На экзамене я сразу не смог ответить на вопрос: «Что такое магнитострикция?». Ну, черт его знает, что такое магнитострикция, когда я работаю день и ночь на заводе, поготовиться не могу! И.Г. Факидов<sup>1</sup> задает наводящие вопросы: «А почему гайки откручиваются? Почему гудят трансформаторы?». Ну, тут я начинаю чертить силовые линии токов Фуко, их взаимодействие, которое также приводит к деформации листов трансформаторов. Вот И.К. Кикоин и говорит: «Да... Ведь не знает, а пытается ответить! Поставим ему отлично!». Вот это и есть подход к научному сотруднику: неважно, знает человек что-нибудь или не знает, а важно, пытается он что-то сделать или не пытается.

Аналогичный случай произошел у меня и с С.В. Вонсовским. Я отвечал у доски на вопрос по теории относительности. Резко обернулся и спросил у Сергея Васильевича: «А куда же делось  $c^2$ ?». Он растерялся и ответил: «Не знаю...». Эти ученые ценили не заученные знания, а процесс их создания.

Сдав экзамены, я поступил в аспирантуру. По закону меня должны были отпустить с завода, но директор отнесся к этому совершенно противоположно. И я подал жалобу в суд. А там простые люди (судья и народные заседатели – вахтер завода и ленинградская коммунистка) поняли мое желание учиться. На суде заседатель (вахтер) спросил: «Ты что, учиться хочешь?». «Да», – ответил я. И суд принял решение в мою пользу. У меня начало укрепляться чувство упрямства в достижении цели, а потом развилось упорное отношение к научной работе.

<sup>1</sup> Чуть позже И.Г. Факидов, ученый секретарь Уральского отделения АН СССР и зав. лабораторией электрических явлений ИФМ, написал в характеристике аспиранта этой лаборатории К.Б. Власова: «Аспирантские экзамены сдал на отлично, проявив большую сообразительность и интерес к науке».

## Первые годы в ИФМ

В октябре 1945 г. К.Б. Власов был зачислен в аспирантуру Института физики металлов Уральского филиала Академии наук СССР по специальности «Физика металлов». Распоряжением по Академии наук СССР<sup>1</sup> научным руководителем был утвержден член-корреспондент Академии наук СССР И.К. Кикоин. В 1947 г. после отъезда последнего в Москву К.Б. Власов поступил в аспирантуру лаборатории ферромагнетизма; научным руководителем стал профессор д.ф.-м.н. Яков Шебселевич (Савельевич) Шур.

Из отзыва научного руководителя о диссертанте К.Б. Власове:

За короткий срок он овладел техникой физического эксперимента... В весьма сжатые сроки им были не только восполнены недостающие ему, как окончившему энергофак Политехнического института, физические знания, но также глубоко изучены многие специальные разделы теоретической физики и в особенности теория технической кривой намагничивания. При выполнении диссертационной темы т. Власовым были проявлены исключительная настойчивость и упорство...



В.Т. Шматов, К.Б. Власов, Г.С. Кандаурова в Институте физики металлов

<sup>1</sup> Распоряжение №301 подписано вице-президентом Академии наук СССР академиком И.П. Бардиным и академиком-секретарем Академии наук СССР академиком Н.Г. Бруевичем.

В ноябре 1949 г. Кирилл Борисович защитил диссертацию «Температурная зависимость анизотропной коэрцитивной силы в монокристаллах трансформаторной стали» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Защита состоялась в Уральском гос. университете им. А.М. Горького; официальными оппонентами были доктор физ.-мат. наук профессор С.В. Вонсовский и кандидат физ.-мат. наук профессор Р.И. Янус.

В.И. Дрожжина рассказывала (1990 г.):

Он затрачивал невероятное количество энергии для того, чтобы, так сказать, перепрофилироваться, он работал ночами, по выходным, слушал дополнительные лекции и вот стал таким большим ученым физиком-теоретиком.

А вот как рассказывал в 2000 г. об этом периоде жизни К.Б. Власова Ю.Н. Драгошанский:

Коллектив лаборатории ферромагнетизма был создан в сорок четвертом году. Вот у меня есть приказ директора института (тогда он назывался Институтом металлофизики, металловедения и металлургии УФАН). Там написано, что образуется лаборатория из четырех человек – двух пар: это были Сергей Васильевич Вонсовский и Любовь Абрамовна Шубина, Яков Савельевич Шур и Валентина Ивановна Дрожжина. Я даже могу прочитать в отчете за 1947 год, как заведующий лабораторией Я.С. Шур написал тогда о своем аспиранте, что «Кирилл Борисович Власов принят в сорок пятом году в аспирантуру, а в лабораторию поступил в 1947 году, и в связи с этим прошу срок его аспирантуры продлить на один год. К настоящему времени им сданы все аспирантские экзамены, собрана экспериментальная установка и получены первые пробные результаты». А уже буквально на следующий год Я.С. Шур написал в отчете следующее: «Аспирант лаборатории Кирилл Борисович Власов заканчивает экспериментальную часть своей диссертационной работы. Аспирант работает очень усердно, и если будет продолжать работать так же, то своевременно закончит аспирантуру». И, действительно, в сорок девятом году, в срок, аспирантура была окончена и К.Б. Власовым в Докладах Академии наук были опубликованы подряд три работы.

То есть Кирилл Борисович начал свою научную деятельность с трансформаторной стали, самого массового магнитного материала, и с самой авторитетной в то время магнитной характеристики трансформаторной стали.

Надо сказать, что работы Кирилла Борисовича выполнены очень тщательно. Он, например, измерял коэрцитивную силу двумя методами, проводил изотермические измерения вдоль дисков по всем направлениям, при заданной температуре измерял коэрцитивную силу. А дальше измерял это и на других материалах – магнитомягких, сравнивал поведение, объяснял, проводил теоретические расчеты... И эти работы были настолько капитальны, что они потом вошли во множество монографий, а также и в учебники.

А вот несколько слов из выступления Н.А. Барановой (2000 г.):

Мы с Кириллом Борисовичем появились в лаборатории и вообще в институте одновременно – в сорок пятом году. В конце сороковых годов лаборатория начала заниматься магнитоstrictionными материалами с целью использования их в гидроакустике. И стал вопрос о влиянии динамических и статических напряжений на магнитные и акустические свойства магнитоstrictionных материа-

лов. Так вот, теоретическая часть была сделана Кириллом Борисовичем. И в дальнейшем все исследования по магнитострикционным материалам основывались на тех расчетах, которые были сделаны им.

### В теоретическом отделе

Кирилл Борисович вспоминает [1]:

Мне все время очень везло: я попадал в такие коллективы, где была творческая атмосфера. Сначала меня принял в свою лабораторию и стал моим научным руководителем Я.С. Шур. Здесь я получил большую закалку, научился экспериментальному мастерству, понял сущность эксперимента и постановку экспериментальных работ. В этой лаборатории я стал кандидатом физ.-мат. наук.

Затем перешел в отдел теоретической физики под руководством С.В. Вонсовского. Сергей Васильевич оказал на меня неизгладимое влияние. Я очень его любил, и он отвечал мне взаимностью. Это обусловило то, что Сергей Васильевич стал моим неформальным руководителем у меня появились теоретические работы. В этом отделе тоже была очень передовая и творческая обстановка. Тут прививалось и воспитывалось стремление к творческому подходу, к творческой инициативе. Тут у нас, между сотрудниками, вообще говоря, было соревнование. Но это было не «бумажное» соревнование (что беру обязательство то-то и столько-то сделать), а действительное соревнование. И соревнование, а не конкуренция! Потому что мы делились своими результатами и зачастую что-нибудь, полученное одним, другой использовал в другой области. Вот это считаю очень важным: что должна быть не только конкуренция, не только экономические стимулы, а еще вот и такие, не знаю, как их лучше назвать – может быть, духовные.

Потом Е.А. Туров сменил С.В. Вонсовского на посту заведующего, и обстановка тоже не изменилась: Евгений Акимович тоже поощрял инициативу. При нем у меня получались более или менее удачные работы. Я защитил докторскую диссертацию.

Давая в 1951 г. Кириллу Борисовичу характеристику, С.В. Вонсовский писал:

Несмотря на то что тов. Власов К.Б. не имел специального физического образования, он сумел за очень короткий срок восполнить этот пробел, прослушав ряд курсов на физ.-мате Университета, а также путем интенсивного самостоятельного изучения ряда важнейших дисциплин современной физики ...

После окончания своей аспирантуры в декабре 1948 г., которую он проходил в лаборатории ферромагнетизма под руководством проф. доктора физ.-мат. наук Я.С. Шура, т. Власов К.Б., показав большие способности к научной работе в области теоретической физики, перешел на постоянную работу в отдел теоретической физики Института физики металлов УФАН. В отделе К.Б. Власов продолжал интенсивно работать над повышением своей квалификации физика-теоретика. Наряду с этим он также проявлял большую творческую инициативу при выполнении своей производственной работы.

Научная эрудиция К.Б. Власова и его творческая инициатива позволяют вне всяких сомнений возбудить ходатайство о присуждении ему ученого звания старшего научного сотрудника.

В 1951 г. решением Президиума Академии наук СССР К.Б. Власов утвержден в ученом звании старшего научного сотрудника. С 1952 г. работал старшим научным сотрудником отдела теоретической физики ИФМ.

Во время работы в отделе теоретической физики К.Б. Власов занимался как самостоятельно, так и со своими учениками разработкой теории квазистатических и динамических (резонансных) свойств магнетиков (ферро, ферри-, антиферромагнетиков, магнетиков, в которых имеет место сосуществование ферро- и антиферромагнетизма). Наибольшее развитие получили его работы по теории квазистатических и динамических магнитоупругих явлений в разных магнетиках и магнитополяризованных металлах. Были получены связанные системы уравнений, определяющие магнитные, упругие, электрические, электромагнитные и перекрестные эффекты, являющиеся обобщением уравнений движения и материальных явлений теории упругости, магнитного момента и электродинамики на случай связанных подсистем (магнитной, упругой, электронной, электромагнитной). На основании этих уравнений рассчитаны и предсказаны, в частности, новые магнетоакустические поляризационные явления (вращение плоскости поляризации и возникновение эллиптичности ультразвука, образующиеся при прохождении его через конкретные магнитоупругие среды, а также при отражении от них).



К.Б. Власов и Е.А. Туров за работой

Кирилл Борисович никогда не ставил себе основополагающей целью защиту диссертаций как средство продвижения по служебной лестнице. К защите докторской диссертации, по словам К.Б. Власова, его подтолкнул Е.А. Туров (который сделал это ранее), сказав что-то вроде: «Ну, а Вы что же смотрите, Кирилл Борисович? Пишите диссертацию».

В конце 1965 г. К.Б. Власов защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук в Физико-техническом институте низких температур АН УССР в г. Харькове. В связи с этим событием в семейном архиве сохранились две забавные телеграммы домой:

«Был у Канера и во ФТИНТе тчк Пока все благополучно тчк Лене<sup>1</sup> положи горло тчк В нос капай алоэ тчк Заднюю стенку горла смазывать люголем нельзя тчк Можно смазывать бока горла и заднюю часть неба» и «Защитил единогласно Телеграфией состояние дел дома».

Темой диссертации были «Некоторые вопросы теории динамических и квазистатических свойств магнитоупругих сред». Как-то Кирилл Борисович рассказал, что за несколько лет до этого он, будучи в Ленинграде на очередной научной кон-

<sup>1</sup> Лена – это девятилетняя дочка.

ференции, попросил разрешения выступить на семинаре академика Абрама Федоровича Иоффе (часто именуемого, как пишут в Википедии, «отцом советской физики») со своей работой по теме будущей диссертации. Просьбу выполнили, и семинар состоялся. А.Ф. Иоффе слушал очень внимательно. Работу одобрили. На этом же семинаре присутствовал М.И. Каганов из Харькова, который потом будет у Кирилла Борисовича оппонентом (он приезжал в Ленинград на ту же конференцию). Другими официальными оппонентами были В.Г. Барьяхтар и И.Е. Дзялошинский.

Вот как Кирилл Борисович в конце жизни, уже будучи тяжело болен, пытался объяснить дома (не физикам), что же им было сделано:

Кандидатская диссертация у меня была экспериментальная, а докторская – в стиле Ландау. Сначала я просто предположил, что тензор напряжений может быть несимметричным. И, исходя из несимметричности как из постулата, построил соответствующую теорию. А потом додумался, что несимметричность можно вывести из общего закона сохранения момента количества движения у электронов и у элементов объема твердого тела. Сначала, создав теорию про несимметричный тензор напряжений, я даже боялся, как боятса всего нового. И решил обратиться к Л.Д. Ландау. Того в кабинете не было, он «бегал» взад-вперед по коридору. Я спросил Е.М. Лифшица, можно ли обратиться к Льву Давидовичу, и тот ответил утвердительно. Тогда я «пристроился» к Л.Д. Ландау, стал вместе с ним бегать по коридору и рассказывать свою работу. Тот в ответ сказал, чтобы я обратился к Халатникову, т.к. он сообщил Халатникову свои соображения во время одного из семинаров.

Видимо, Л.Д. Ландау не вник в услышанное.

Здесь уместно привести еще несколько слов из доклада Е.А. Турова «Ландау–Лифшиц или Власов–Ишмухаметов?», который он сделал на Сессии научного совета по проблеме «Магнетизм» в 2000 г.:

Вспоминать о всех Ваших работах или даже об основных нет возможности, потому что Вы, действительно, сделали большой, принципиальный вклад в ряд разделов физики магнетизма и, особенно, магнитоакустики. Ну, а я сегодня посвящу свой доклад лишь маленькой частичке Вашей деятельности. В 1961 г. у Вас вместе с Борисом Акимовичем Ишмухаметовым вышла работа, посвященная динамике спиновых систем. Речь шла о ферромагнетиках, и имелось ввиду, в отличие от Ландау и Лифшица, от уравнения знаменитого Ландау и Лифшица для динамики спиновых систем, записать такое уравнение, которое позволяло бы описывать системы с анизотропным  $\hat{g}$ -фактором. Ну вот, в чем моя задача? Моя задача заключается в том, чтобы, во-первых, сравнить все же это уравнение с уравнением Ландау–Лифшица, во-вторых, показать, что фактически уравнение Ландау–Лифшица просто следует из уравнения Власова–Ишмухаметова, и, в-третьих, что в расчетной практике уравнение Власова–Ишмухаметова имеет определенные преимущества ...

### **В лаборатории электрических явлений**

С 1973 по 1986 г. К.Б. Власов заведовал лабораторией электрических явлений. Здесь он продолжил начатые в ней ранее исследования магнитных свойств магнетиков в условиях магнитных фазовых переходов, а также создал и развил



Лаб. электрических явлений.  
Сидят: слева направо Р.И. Зайнуллина, И.И. Кунцевич, В.Н. Новгородский, К.Б. Власов, В.И. Тимошук, Т.Н. Сохарева. Стоят: слева А.Б. Ринкевич, П. Сесекин, А.М. Бурханов, Л.Н. Ромашев, А.А. Тетерин, Я.Г. Смородинский, Е.А. Розенберг

новое направление: экспериментальное изучение поляризационных магнетоакустических явлений в металлах при низких (гелиевых) температурах в сильных магнитных полях. Была создана методика измерения этих эффектов, а затем экспериментально обнаружены некоторые из предсказанных явлений (резонансные), а также новые закономерности.

Им были предсказаны поляризационные магнитоакустические явления. Совместно с учениками развиты феноменологические и микроскопические теории акустических аналогов эффектов Фарадея, Керра, Коттон-Мутона и других специфических для магнитоупругих сред эффектов (в частности электромагнитно-упругого преобразования волн в чистых металлах при низких температурах и однодоменных ферромагнетиках). Некоторые из этих эффектов он совместно с В.В. Гудковым, А.М. Бурхановым и А.Б. Ринкевичем обнаружил и экспериментально исследовал.

В сотрудничестве с другими лабораториями он изучал магнитные свойства пластически деформированных парамагнитных переходных металлов, приведшие к обнаружению дислокационного магнетизма в них, а также обратимые и первоначально необратимые магнитострикционные и магнитоупругие явления в стали и никеле.

В 1984 г. К.Б. Власову решением ВАК присвоено ученое звание профессора по специальности «Физика магнитных явлений». Как создатель вращательно-инвариантной теории магнитоупругих сред он был включен в коллектив авторов, получивших в 1986 г. за работу «Открытие и исследование динамических явле-

ний, связанных с фоновыми взаимодействиями в магнитных кристаллах», Государственную премию по науке и технике Украинской ССР. От ИФМ в числе авторов был еще Е.А. Туров.

Кирилл Борисович вспоминал про этот период:

А затем я стал заведующим лабораторией электрических явлений. Это тоже способствовало развитию не только теоретической, но и экспериментальной работы и получению кое-каких результатов. Я стал одним из лауреатов Государственной премии Украины в области науки и техники. В лаборатории бывали различные мнения и неурядицы, но они не приводили к скандалам, а улаживались мирно.

Потом, по возрасту, я не мог уже оставаться заведующим, и заведующим лабораторией стал В.В. Устинов. Приход Владимира Васильевича внес очень много хорошего: и в смысле всех условий для научной работы, и в смысле помещений, и в смысле организации международных контактов, да и во всех смыслах (то, чего не удалось добиться мне). В научной работе, как экспериментальной, так и теоретической, важно научное обеспечение. И если мне для обработки экспериментальных данных или теоретических формул требовались, например, месяцы, то теперь это, буквально, делается за день.



В лаборатории электрических явлений (февраль 1987 г.).

Стоят: К.Б. Власов, Л.Н. Ромашов, В.В. Устинов, А.А. Леонтьев; сидит И.В. Жевстовских

С 1986 по 1998 г. (вплоть до тяжелого инсульта) К.Б. Власов продолжал продуктивно работать в лаборатории электрических явлений в должности ведущего научного сотрудника.

Приведем несколько выдержек из доклада А.Б. Ринкевича «Магнитоакустические явления в металлах», сделанного в 2000 г.

Магнитоакустические явления претерпели в своем развитии, можно сказать, классический ход развития. Сначала была теория. Занимались этим многие люди, Кирилл Борисович в числе первых получил очень важные результаты. Возможность воплотить свои теоретические разработки по магнитоакустике в жизнь появились у Кирилла Борисовича, когда он стал заведующим лабораторией электрических явлений.

С приходом в лабораторию электрических явлений Кирилл Борисович, как мне представляется, поставил во главу угла два момента. Первое – это развитие научных направлений, как существовавших в лаборатории до того, как он пришел заведующим, так и развитие новой тематики магнитоакустических явлений. И второе обстоятельство – это работать с людьми, а уж это делать он умеет.

И вот что произошло. Сразу появилось несколько поколений. Через считанные один, два, три года после того, как Кирилл Борисович возглавил лабораторию, защитились сотрудники, которые работали здесь ранее: А.М. Бурханов, Л.Н. Ромашев, В.И. Тимошук, Р.И. Зайнуллина стали кандидатами наук. Одновременно Кирилл Борисович принял целую группу аспирантов, и соискатели тоже были, и я в эту группу как раз тоже попал. Прошел положенный срок, и эти люди защитили кандидатские диссертации, а сейчас уже кто-то из них защитил и докторские диссертации.

«Главной любовью» Кирилла Борисовича в части экспериментальной работы была магнитоакустика, вращение плоскости поляризации. Я не могу останавливаться на всех результатах, которые были получены. Ну, вот только несколько штрихов, которые при моем участии получились. Одна из первых работ была посвящена тому, что было обнаружено поглощение поперечного ультразвука в сильном магнитном поле. Простое применение теории говорило, что не должно быть поглощения. Тем не менее, фактически, оно наблюдалось. Только более внимательное рассмотрение деталей поверхности Ферми позволило установить причину поглощения. Объяснение этого феномена принадлежит Кириллу Борисовичу. Оно состоит в том, что важна симметрия поверхности Ферми – отдельных листов, а не кристалла в целом. Наиболее яркие и информативные результаты были получены в лаборатории под руководством Кирилла Борисовича в области поляризационных явлений, вращения плоскости поляризации, эллиптичности ультразвука, которую ранее не измеряли, ну, вообще не измеряли, экспериментаторы, работающие в ультразвуке.

Самое интересное в этой области относится, пожалуй, к взаимодействию ультразвука с распространяющимися в металле слабо затухающими волнами, но об этом лучше меня может рассказать В.В. Гудков. Что касается работы Кирилла Борисовича со мной, то мы в то время занимались так называемым доплер-сдвинутым акустическим циклотронным резонансом. Это было время, мы его еще застали, конец семидесятых годов, когда в физике был такой столбовой интерес к динамике электронов проводимости, к фермиологии. И у нас как раз пошли в этот момент первые экспериментальные результаты. Доплер-сдвинутый акустический циклотронный резонанс – это явление довольно простое, несмотря на длинное название. Электрон в фазовом пространстве совершает причудливую траекторию по поверхности Ферми. А в реальном пространстве еще сме-

щается вдоль магнитного поля. И если он за время одного оборота сместится в пространстве ровно на длину волны, будет резонанс. Так вот, эти резонансы прекрасно наблюдаются. И один из таких ярких результатов мы наблюдали – что ультразвук в области этих резонансов становится эллиптическим вместо линейного. Явление это получило теоретическое обоснование сразу же.

Гораздо труднее была работа над другим явлением. К тому времени, примерно к восьмидесятому году, сложилось такое представление, что вращение плоскости поляризации – это есть акустический аналог эффекта Фарадея. А других возможностей как-то не рассматривалось. В одной из работ мы с Кириллом Борисовичем сумели найти такие условия, когда наблюдается не аналог эффекта Фарадея, а вращение плоскости поляризации, которое имеет совершенно другие свойства, в частности четные по магнитному полю. Это – так называемое магнитоакустическое двулучепреломление. В последние годы был обнаружен эффект, для которого Кирилл Борисович очень хотел получить экспериментальное подтверждение, – вращение плоскости поляризации при отражении упругих волн от магнетика. Это было сделано при участии В.В. Гудкова и А.М. Бурханова.

Примерно до начала девяностых годов считалось, что не так уж много параметров упругих волн причастны к магнитоакустическим явлениям. Их перечисление недолгое: это поглощение и скорость собственных волн, и, если волн несколько, они интерферируют, возникает вращение плоскости поляризации и эллиптичность, ну еще трансформация волн имеется. Мы сумели доказать, что существует еще одно магнитоакустическое явление: магнитное поле влияет на направление вектора потока энергии в магнитно-поляризованной среде. Работа над этим явлением для меня была очень показательна, как выражение стиля научной деятельности Кирилла Борисовича. Начиная с фундаментальных уравнений, было получено решение задачи для потока вектора энергии, но при этом получаются довольно громоздкие уравнения. Можно было бы на этом остановиться и считать задачу законченной. Но, однако, Кирилл Борисович сумел учесть тонкие моменты симметрии некоторых соотношений между компонентами тензора модуля упругости, и в результате получились формулы, физически понятные и прозрачные.

### Отношение к науке

Г.Г. Талуц на юбилее К.Б. Власова в 1990 г. в качестве основной его черты отметил необычайные преданность науке и физике, работоспособность:

Кирилл Борисович является образцом отношения к труду, отношения к науке. Ведь именно его взгляд на науку, на отношение к тому, как он работает, что он вкладывает в эту работу, как он относится к работе, к науке и к физике – вот это является, ну, бесподобным примером для нашего Института... Все-таки что-то удивительное в нем есть, которое привлекает к нему буквально всех, кто с ним работает. Я называю это одним словом – необычайная преданность его науке...

У Кирилла Борисовича было несколько принципов, которыми он руководствовался в работе и в жизни. Так, он неоднократно повторял, что в научной работе *«надо всегда плясать от печки. Чтобы получить новые результаты, надо возвращаться к истокам науки»*. Яркой иллюстрацией продуктивности этого принципа служит рассказанная выше история о несимметричном тензоре напряжений. М.А. Милаев, один из последних учеников К.Б. Власова, тоже вспоминал, как Кирилл Борисович учил его «танцевать от печки» (разбираться в чем-то с самых азов) и как-то потратил целых три месяца, чтобы понять, какие уравнения

более общие – Ландау–Лифшица или Гильберта. М.А. Миляев вспомнил и еще одно интересное высказывание Кирилла Борисовича: *«Надо радоваться не тогда, когда все сходится, а тогда, когда полученный результат не лезет ни в какие ворота».*

Кирилл Борисович обычно ничего не принимал на веру, ко всему относился критически, – и в науке, и в жизни. Для него был характерен подход, связанный не с мнением окружающих, а с собственными внутренними оценками. Критическое отношение помогло ему ориентироваться при оценке научных и квазинаучных открытий. Обычно он на удивление безошибочно чувствовал, что, по его выражению, «чушь», а что нет.

Очень хорошо о научных чертах К.Б. Власова неоднократно рассказывал его первый ученик Б.Н. Филиппов. Подчеркивал, что К.Б. Власов был уникальным человеком – и теоретиком, и экспериментатором одновременно – возможно, единственным таким в стране. Один из докладов Б.Н. Филиппова (2000 г.) назывался: «Наука, Власов К.Б. и человеческие качества». Постараемся, по возможности, воспроизвести здесь сказанное им, добавив кое-что из других его выступлений.

С Кириллом Борисовичем я познакомился 40 лет назад, в 1960 году, когда вместе с двумя другими выпускниками Уральского госуниверситета я поступил сюда, в Институт физики металлов. Ну, прежде всего я попал, конечно, к Сергею Васильевичу Вонсовскому, с которым имел беседу. Оглядев меня с ног до головы, Сергей Васильевич хитро улыбнулся и сказал, что он представит меня самому крупному теоретику теоротдела. Я, конечно, был немножко заинтригован, почему именно меня, и почему именно самому крупному? Но когда в кабинет, сгибаясь в три погибели, чтобы не стукнуться головой о потолок, зашел Кирилл Борисович Власов, я сразу понял и эту хитрую улыбку на лице Сергея Васильевича, и его смекалку. Я получил исчерпывающий ответ, почему именно меня, и почему именно самому крупному теоретику. Ну, ска-



В рабочем кабинете, 1986 г.



На семинаре «Спиновые волны», 1986 г.



«Коуровка», 1994 г.

занное, наверное, не всем сейчас здесь понятно, потому что я как-то сейчас выгляжу немножко квадратным, но тогда я был значительно моложе, был очень тощим и длинным. И, видимо, у Сергея Васильевича сразу возникли соответствующие ассоциации, и он решил провести такой эксперимент, и передал меня Кириллу Борисовичу Власову.

Действительно, оказалось, что Кирилл Борисович является очень крупным ученым и все научное сообщество это прекрасно понимает. Ну, конечно, все скажут: дело понятное – не обошлось без определенного таланта. Ну, талант – конечно, никто спорить не станет. Но еще Марк Твен в одном из своих произведений показал, что одного таланта бывает недостаточно.

И, по-видимому, Кирилл Борисович обладал еще какими-то другими качествами, которые, безусловно, сыграли свою роль. Вообще, человеческие качества играют в жизни человека большую роль. Какими же качествами обладал, на мой взгляд, Кирилл Борисович Власов, чтобы заявить о себе как о крупном ученом?

Ну, конечно, это в первую очередь безграничная и беззаветная преданность науке. Вообще трудно себе представить Кирилла Борисовича, занимающегося чем-нибудь другим, кроме науки. Я думаю, что если бы Кирилла Борисовича можно было тогда спросить, в чем его хобби, да и сейчас, то, пожалуй, он ответил бы так, что и основная жизнь его – наука, и хобби – это тоже наука.

Другое качество, которое привело его к успеху, – это необычайная научная добросовестность. Ну, скажем, он проверял и перепроверял свои результаты так, что и ему, и его ученикам эти результаты начинали сниться по ночам; рассматривал результаты с разных точек зрения, пока все не становилось понятным. Иногда дело доходило до неких курьезов. Известен следующий случай. В одной из его статей было много обозначений со штрихами, и в редакции все перепутали. Кирилл Борисович сделал исправления в корректуре, но опасался, что этого недостаточно, и его опасения оказались не напрасными – в статье остались опечатки. Он попросил, чтобы тираж пока не отсылали, и во всех экземплярах уже вышедшего журнала собственноручно все исправил. Не помню, сколько было экземпляров, но, наверное, не меньше тысячи.

Другим замечательным качеством Кирилла Борисовича является его неудержимое желание докопаться до самой сути предмета. Именно это его качество позволило ему установить ряд совершенно фундаментальных свойств. Вот об одном говорил Евгений Акимович [Туров]. Вместе с Борисом Акимовичем Ишмухаметовым, фактически, они были одними из первых, кто заявил о существовании несимметричной части тензора напряжений. И это было не совсем тривиально для магнитно-поляризованных сред. И Кирилл Борисович даже пытался, так сказать, вразумить в этом смысле и академика Ландау. Как-то, будучи на одной из конференций, он увидел, что Ландау совершает колебательные движения вдоль коридора, Кирилл Борисович настроился на соответствующую частоту, подошел к нему и сказал: «Скажите, а каким должен быть тензор напряжений?». Ландау, не задумываясь, ответил: «Симметричным». Кирилл Борисович сказал ему: «А я Вам могу доказать, что он асимметричный!». «Не требуется», – сказал Ландау и ушел, крикнув Е.М. Лифшицу: «Женя, объясни ему, что написано у нас в книге!» И сделал он это зря, потому что, если бы он выслушал Кирилла Борисовича, может быть, и его имя тоже стояло под таким результатом. А сейчас надо отметить, что этот результат признается во всем мире.

Другое важное качество, на которое я хотел бы обратить внимание, – это его способность ради истины жертвовать даже своим приоритетом. Ну, чтобы не быть голословным, я могу привести опять же конкретный пример. Как-то он приехал на конференцию с практически написанной работой, но еще не отосланной в печать.

И тут выясняется, что аналогичную работу сделал Конторович. Речь шла о выводе уравнения колебания решетки, но с учетом влияния электронной подсистемы. Это была тоже абсолютно нетривиальная вещь. И здесь все упиралось в первую очередь в закон дисперсии электронов. И хотя он выбирался произвольным, но там был ряд тонкостей: и учет эффекта Стюарта – Толмина, и необходимость работать в соответствующей системе координат. И вот оказалось, что ход действий одинаковый, а результаты разные. Кирилл Борисович потребовал аудиенции и стал разбираться, в чем дело. И на определенном этапе Кирилл Борисович вдруг увидел (я так говорю уверенно, потому что тоже там присутствовал), что В.М. Конторович в определенном месте говорит слова такого рода, что поскольку число частиц равняется числу квазичастиц, то вот эти два слагаемых можно опустить. Кирилл Борисович, схватив его за руку, сразу сказал: «Как это? Почему?». Тот сослался на Ландау: что это еще давно доказал Ландау, вот, смотрите там-то. Кирилл Борисович тут же где-то раскопал журнал, принес его и говорит: «Вы вот прочитали слова Ландау, но Вы не заметили, что там около этих слов стоит маленькая звездочка, а за звездочкой внизу ссылочка, где написано, что это не относится к квазичастицам в твердом теле. Ну, и понятно, почему – потому, что там закон сохранения импульса не выполняется».

Я бы мог отметить еще ряд его качеств: это и неутомимость в учении, и способность, и желание непрерывно учиться. Причем они тоже были феноменальны. Он посещал всевозможные семинары; если он ездил на конференцию, то я не видел, чтобы он когда-нибудь пропустил хоть одну сессию на этой конференции.

Несколько штрихов к портрету добавляют воспоминания других его учеников и коллег. Сотрудники лаборатории электрических явлений вспоминали, как, бывало, Кирилл Борисович утром приходил и говорил: «Мне что-то сегодня не спалось», – и предлагал внести исправления в почти готовую статью, а у них падало сердце, поскольку это надо было снова все перепечатывать на пишущей машинке... Вспоминали, как, по выражению В.В. Устинова, у Кирилла Борисовича «из гадких утят получались прекрасные лебеди»: он приходил на работу с обрывком бумажки, где были отражены его новые мысли, а текст мог быть записан странным образом, с переходом с одной стороны на другую, так что вначале было ничего не понятно. Но потом оказывалось, что идеи очень интересные и плодотворные.

Вспоминали, что Кирилл Борисович был очень скромным (например он отказался от должности главного научного сотрудника – по-видимому, единственный случай в истории института). В то же время знал цену своим результатам. Когда кто-то стал критиковать введенный им термин «температурный магнитоакустический резонанс», аргументируя, что в энциклопедии написано не так, Кирилл Борисович на это отвечал, что энциклопедии писались тогда, когда это явление еще не было открыто. Р.И. Зайнуллина тоже вспоминала, что он вводил новые обозначения и термины, которые потом приживались и оказывались очень удачными. При этом говорил: «Мои сапоги – куда хочу, туда и ставлю».

В.В. Гудков отмечал еще один момент, характерный для Кирилла Борисовича, – удивительное человеколюбие:

При своем уровне квалификации, который он, безусловно, понимал и не выставлял каждый раз напоказ, хотя, в общем-то, можно было бы делать, он очень бережно и с любовью относился к людям, с которыми работал. В особенности, это относилось к людям, у которых он видел что-то за душой, я имею в виду в научном плане и в человеческом.



К.Б. Власов с дочерью Леной во дворе на улице Малышева, 1957 г.

Кирилл Борисович часто шутил и сам смеялся своим шуткам. Рассказывали, что в молодости он даже осенью носил белые штаны (это было вызвано проблемами с одеждой), и на вопрос, почему он это делает, Кирилл Борисович отшутился и сказал, что он возвращается с работы через лесок поздно вечером, когда уже темно, и, «если на меня захотят напасть, то пусть думают, что я уже раздет».

А.Б. Ринкевич рассказывал, что его кандидатскую диссертацию Кирилл Борисович читал, лежа в больнице: «Приносите, здесь у меня есть время почитать», а В.В. Гудков поддержал, что и его кандидатскую диссертацию тоже. Обсуждение научных результатов с учениками проходило, бывало, и во время отпуска, и во время болезни дома.

А вот мысли самого Кирилла Борисовича, которые он диктовал, не имея возможности писать [1]:

Еще хочется сказать следующее. Многие мои работы являются результатом коллективного труда. Один в поле не воин. И коллективный труд имеет свои пре-

имущества. При этом положительные качества соавторов суммируются, потому что один имеет одни способности, или он замечает одно, а у другого – другие способности или другие возможности. А отрицательные свойства, наоборот, усредняются и зануляются. Я очень благодарен всем моим ученикам, а потом и сотоварищам по научной работе и просто сотоварищам за совместные работы.

Одним из главных успехов своей жизни считаю то, что мне удалось воспитать много своих учеников. Как-то Б.Н. Филиппов пошутил, что из-за меня страна потеряла много новых открытий. Он рассказал, как, полный энтузиазма, решал предлагаемые уравнения и всегда находил новые явления, а я заставлял его попробовать решить это другим методом; и в результате иногда получалось так, что, действительно, явление зависело от того метода, которым оно было получено, и почему-то величина открытого эффекта уменьшалась и даже занулялась. Я, действительно, рекомендовал получать какой-нибудь результат несколькими способами, чтобы сделать эти результаты достоверными. Но, конечно, я не всегда «закрывал» открытые Борисом Николаевичем закономерности и очень рад его крупным интересным результатам. И рад успехам всех своих учеников.

Еще несколько слов об идеале. Я все-таки считаю, что должны быть коммунистические идеалы. По крайней мере, важен такой принцип – труд должен быть не обязанностью, а потребностью, должен доставлять человеку радость. И мне кажется, что научные сотрудники уже приближаются к этому идеалу ...

Я, пока мог, продолжал работать. После инсульта оказался прикован к постели, лежу плашмя. Мои ученики и коллеги и теперь не бросают меня, навещают и держат в курсе научных работ и обстановки в Институте и стране. У нас в Институте работают такие замечательные люди! И мне очень хочется еще поработать. И я рад, что мои потомки тоже приобщаются к науке.

### Ученики, работы, отзывы, награды

Под его непосредственным руководством защищено 14 кандидатских диссертаций (В.В. Гудков, Г.А. Бабушкин, А.И. Дерягин, И.В. Жестовских, Б.Х. Ишмухаметов, В.Г. Кулеев, М.А. Миляев, Л.Г. Оноприенко, Л.С. Правдин, Я.Г. Смородинский, В.И. Тимощук, А.Б. Ринкевич, Е.А. Розенберг, Б.Н. Филиппов).

Четверо из его учеников – В.В. Гудков, А.Б. Ринкевич, Б.Н. Филиппов, Я.Г. Смородинский – уже давно сами доктора наук и имеют своих учеников. Б.Н. Филиппов говорил (как и другие его ученики), что благодарен судьбе за то, что она свела его с Кириллом Борисовичем, и что многое от него впитал в себя<sup>1</sup>; у него самого уже 14 защитившихся учеников и он надеется «обогнать» в этом плане своего учителя.

Результаты научной деятельности К.Б. Власова опубликованы более чем в 145 работах в научных журналах и коллективной монографии, не считая тезисов докладов на многочисленных всесоюзных и международных конференциях. В.В. Устинов на одном из юбилеев Кирилла Борисовича отметил, что за время научной жизни тому удалось провзаимодействовать и написать научные работы с более чем 50 соавторами и, чтобы показать тот уровень, на котором эти все работы делались, назвал четыре блестящие фамилии из списка соавторов – С.В. Вонсовский, Я.С. Шур, Е.А. Туров и В.Г. Барьяхтар. Н.Г. Бебенин рассказывал в 2007 г., как недавно про-

<sup>1</sup> В качестве примера А.Б. Ринкевич рассказал: «Мне Кирилл Борисович говорил, что вот за Филипповым надо пересчитывать».



Субботник в Институте физики металлов (перекур), апрель 1979 г.

читал в библиотеке в одном из журналов новый обзор по интересующей его теме и там оказались ссылки на несколько работ К.Б. Власова, написанных 45 лет назад, – редкий случай, что научные результаты так долго не устарели.

Кирилл Борисович не успел написать монографию по результатам своих исследований: увлекаясь решением все новых задач, он откладывал это «на потом»; в качестве первого шага в том направлении им был написан обзор [2]. Оценивая в конце жизни свои работы по значимости, он выделил три как содержащие наиболее значительные его достижения [2–4]. Среди сравнительно поздних статей выделял [5–11]. Научные результаты К.Б. Власова вошли в монографии Я.Б. Дорфмана «Магнитные свойства и строение вещества», К.П. Белова «Магнитные превращения», С.В. Вонсовского «Магнетизм», Г.А. Смоленского и др. «Физика магнитных диэлектриков», многие годы используемые в качестве учебных пособий, а также в две недавние монографии, соавторами которых являются его ученики [12–13].

Коллеги К.Б. Власова не раз вспоминали, что он очень многим по-настоящему и бескорыстно помогал по науке. Он, написал, как говорили, наверное, рекордное число отзывов и помог очень многим ученым защитить диссертации. Одна из

них – Г.С. Кандаурова – с благодарностью вспоминала, что у нее и ее мужа А.А. Бердышева Кирилл Борисович был оппонентом *«целых четыре раза: два раза – по кандидатским и два – по докторским диссертациям, два раза – по экспериментальным и два – по теоретическим»*. А.С. Ермоленко рассказывал, что, написав докторскую диссертацию, пришел к Кириллу Борисовичу и попросил, чтобы тот был оппонентом. Кирилл Борисович сказал, что очень занят, но, если будет «рыба», то он согласен. А.С. Ермоленко добросовестно сделал «рыбу», но в результате Кирилл Борисович внимательно изучил диссертацию и *«от рыбы остались одни кости»*. Рассказывали о следующем забавном случае. Как-то было сразу две защиты, одна из них – защита докторской диссертации М.И. Шлиомиса по магнитным жидкостям. Кирилл Борисович был оппонентом на обеих. Он вытащил из кармана отзыв и начал читать. Через некоторое время М.И. Шлиомис заерзал на стуле, началось оживление. Кирилл Борисович спохватился: «Не тот отзыв?», полез в другой карман, вытащил другой отзыв, и далее все уже пошло благополучно.

Про рассеянность К.Б. Власова рассказывали и другой анекдотический случай. Однажды Кирилл Борисович пришел домой к В.В. Устинову обсудить какие-то научные результаты. Когда обсуждение закончилось, он стал засовывать свои бумаги в портфель дочки В.В. Устинова, не замечая, что там лежат ее сандалии. После этого девочка сказала, что тогда она впервые увидела настоящего ученого.

К.Б. Власов являлся членом научных советов РАН по проблеме «магнетизм» и физике конденсированных сред. Он вел большую научно-общественную работу в институте: являлся руководителем нескольких комплексных научных тем, заместителем председателя совета по проблеме «физика магнитных материалов», членом ученого совета института, членом специализированного совета по защите докторских диссертаций.

Работа К.Б. Власова отмечена государственными наградами. Он награжден орденом «Знак почета», медалью «За доблестный труд в Великой отечественной войне 1941–1945 гг.» и «Ветеран труда», а также тремя юбилейными медалями.

*Е.К. Костоусова*

### Список литературы

1. Власов К.Б. Пятьдесят три года в ИФМ // *Резонанс: Сборник литературных произведений сотрудников Института физики металлов УрО РАН. Екатеринбург, 2001. С. 321–327.*
2. Власов К.Б. Магнитоакустические поляризационные эффекты // *ФММ, 1991, № 1, С. 81–91.*
3. Власов К.Б., Ишмухаметов Б.Х. Уравнения движения и состояния магнетупругих сред // *ЖЭТФ, 1964, Т. 46, № 1, С. 201–212.*
4. Тарасов Б.В., Бурханов А.М., Власов К.Б. Эллиптичность и вращение плоскости поляризации ультразвука в ферромагнетиках с кубической симметрией // *ФТТ, 1996, Т. 38, № 7, С. 2135–2143.*
5. Власов К.Б., Ринкевич А.Б., Зимбовская Н.А. Магнитоакустические эффекты, обусловленные доплер-сдвинутым акустическим циклотронным резонансом в вольфраме и молибдене // *ФММ, 1981, Т. 52, вып.3, С. 517–529.*

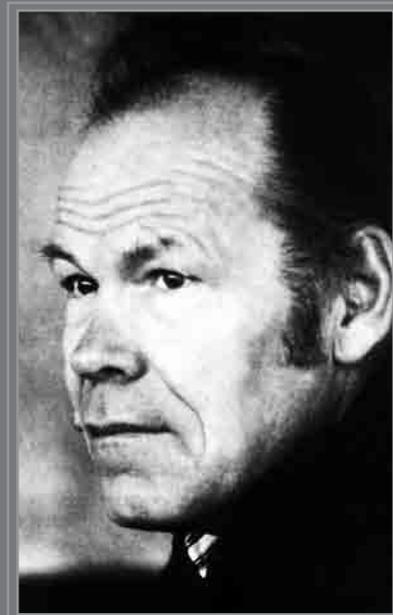
6. Бурханов А.М., Власов К.Б., Гудков В.В., Жестовских И.В. Эллиптичность и вращение плоскости поляризации ультразвука в никелевом феррите в геометрии эксперимента, соответствующей эффекту Коттона-Мутона // *Акустический журнал*, 1988, Т. 34, вып.6, С. 991–997.
7. Vlasov K.B., Rozenberg E.A., Chetverikov A.V. Magnetic aftereffect following first order magnetostructural phase transitions // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1991, Vol. 94, P. 96–108.
8. Vlasov K.B., Zainullina R.I., Milyaev M.A., Ustinov V.V. Magnetization processes in multiaxial antiferromagnets // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1995, Vol. 146, P. 305–314.
9. Власов К.Б., Зайнуллина Р.И., Мильяев М.А., Устинов В.В. Четные гальваномагнитные эффекты в магнитомногоосных антиферромагнетиках. Температурные зависимости // *ЖЭТФ*, 1995, Т. 108, № 6 (12), С. 2125–2131.
10. Власов К.Б., Устинов В.В. Магнитосопротивление ферромагнетиков и тонких многослойных магнитных пленок, обусловленное изменением модуля самопроизвольной намагниченности // *ФНТ*, 1996, Т. 22, № 8, С. 949–955.
11. Vlasov K.B., Zainullina R.I., Ustinov V.V. Magnetoresistance of multiaxial antiferromagnets // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1996, Vol. 161, p. 189–194.
12. Внутренняя коническая рефракция ультразвука в кубических кристаллах / Ринкевич А.Б., Власов К.Б., Смородинский Я.Г., Крениг М., Шпис М. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 70 с.
13. Gudkov V.V., Gavenda J.D. *Magnetoacoustic Polarization Phenomena in Solids*. Springer-Verlag, New York, Inc., 2000. 218 p.

---

## Евгений Акимович ТУРОВ: Учёный, Учитель

В 2011 г. Евгению Акимовичу Турову исполнилось бы 87 лет. Его не стало 17 ноября 2007 г. Прошло уже 4 года, как его нет. Быстро летит время. У каждого человека, знавшего Е.А. Турова, сложился свой образ. У меня тоже есть свой Туров. Евгений Акимович Туров – доктор физико-математических наук (1964 г.), профессор (1966 г.), член-корреспондент Российской академии наук (1991 г.), заслуженный Соросовский профессор.

Евгений Акимович Туров родился 27 января 1924 г. в деревне Малое Турово Больше-сосновского района (бывшего Оханского уезда) Пермского края. Оханский уезд – восточная оконечность вятской земли. Этот район расположен на юго-западе Пермского края. Рядом с Малым Турово находилось село Большое Турово. Местные жители называли село Большое Турово сокращенно «Турята», а Малое Турово – «Туренки». Предки Е.А. Турова в Пермском крае – выходцы с вятских земель, ранее туда пришедшие из Новгородчины. И все Туровы, в обеих деревнях, – выходцы из Новгородчины. Малое Турово, как и Большое – старообрядческие (кержацкие) деревни<sup>1</sup>.



---

<sup>1</sup> Термин «кержаки» ранее относился только к старообрядцам, бежавшим из скитов на реке Керженец (керженецких скитов) Нижегородской губернии, потом так стали называть всех старообрядцев, бежавших от никоновской реформы православной церкви (1650–1660 гг.), проводимой во время царствования Алексея Михайловича, отца Петра I. Старообрядческое общество было специфическим: предельно закрытым, к чужим относилось недружелюбно. «Это был сильно развитый народ, хитрые мужики, чрезвычайные начетчики и буквоеды, народ надменный, заносчивый, лукавый и нетерпимый в высшей степени», – так писал о сибирских старообрядцах великий Федор Михайлович Достоевский. Об осевших на уральской земле старообрядцах известный краевед и писательница из Перми Валентина Иванова Овчинникова (писавшая под псевдонимом Евдокия Турова) в своей книге «Кержаки», вышедшей в 2007 г. и удостоенной Бажовской премии, писала иначе: «Здоров был кержак – старовер, трезв, чистоплотен, трудолюбив, плодovit, мыслит здраво и ко всякой дурости был исключительно не склонен». Старообрядец – кержак в России – не редкость: много известных людей России были из кержаков. Такими были Гучков Александр Иванович – председатель Государственной думы России, Савва Иванович Мамонтов – предприниматель и меценат, Морозовы – купцы и промышленники, Рябушинские – большая российская династия предпринимателей, Третьяковы – известные предприниматели и меценаты (основатели Третьяковской галереи), атаман Матвей Иванович Платов – войсковой атаман Донского казачьего войска, герой войны 1812 г.

---

Как вспоминал Евгений Акимович, его отец Туров Аким Михайлович ни дня не учился в школе, а мама Фекла Антиповна была по тем временам достаточно грамотной, она закончила 3 класса сельской школы. Семья была большой (пятеро детей – Евгений, Федор, Леонид, Васса и Любовь), Евгений Акимович был старшим. Как оказалась семья Туровых в Свердловске? Обычная история для того времени, времени индустриализации и раскулачивания. Евгений Акимович, рассказывая об отце, всегда отмечал, что он был на все руки мастер: и земледелец, и кузнец, и слесарь-инструментальщик. Аким Михайлович был человеком предприимчивым: на речушке вблизи Малое Турово он поставил небольшую мельницу, где молол зерно крестьянам из Туренок и окрестных деревень. Семья по тем меркам бедной не была и, естественно, «загремела» под раскулачивание. В те годы раскулачивали целыми деревнями, а кержацкие села все были зажиточными, многие из них раскулачивались под «корень», и на карте Большесосновского района на месте Турят и Туренков уже давно значится «нежилой населенный пункт». Странное сочетание «нежилой населенный пункт». Нежилой, но населенный. И оказалась семья Туровых в Свердловске на гигантской стройке первой Сталинской пятилетки – Уральском заводе тяжелого машиностроения. Ох, как нужны были такие умелые, трезво мыслящие, сообразительные и толковые мужики на этих стройках социализма. Строил Аким Михайлович Туров Уралмаш, потом работал достойно на этом же заводе, здесь же табельщицей трудилась и Фекла Антиповна. Как рассказывал Евгений Акимович, специалист его отец был такой, что сам легендарный директор Уралмашзавода, генерал Борис Глебович Музруков<sup>1</sup>, его знал. Аким Михайлович даже делал кое-что по его личному заказу. У старшего Турова была удивительная коллекция. Он собирал сломанные напольные, настенные часы и чинил их.

Одной из важнейших черт у кержаков было стремление к образованию. У них это в крови. Будь хоть состоятельная семья, хоть бедная, родители всегда стремились дать детям образование. Такими были и родители Евгения Акимовича. Что касается пятерых детей раскулаченных Туровых, то они все получили высшее образование: Евгений – физик, член-корреспондент РАН, Федор – геофизик, Леонид – конструктор, Васса – химик-фармацевт, Любовь – врач, кандидат медицинских наук.

В 1941 г. Евгений Акимович окончил среднюю школу, 22 июня 1941 г. началась Великая Отечественная война. Евгений Акимович «успел» поступить на физико-математический факультет Уральского государственного университета, потом были курсы радиотелеграфистов в Свердловске, которые он окончил в январе 1942 г. Дальше – действующая армия. Мальчики рождения 1924 г., повзрослевшие в одночасье, ушли на фронт. Таким был и студент-первокурсник Женя Туров. Из погибших на фронтах войны больше всего рожденных в 1924 г. Косой прошла Великая Отечественная война по 1924 году. Самый «убитый»

---

<sup>1</sup> Генерал Борис Глебович Музруков известен как легендарный начальник строительства комбината «Маяк» в Озерске, а потом и его директор. Борис Глебович Музруков (1904 г.р.) – видный организатор оборонной промышленности и создатель новой военной техники, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственной премий. В Озерске работал в течение семи лет (1947–1953 гг.). При назначении Музрукова в Озерск Сталин выбрал кандидатуру Музрукова из 30 претендентов. С 1955 г. по 1974 г. Музруков возглавлял многотысячный коллектив Российского федерального ядерного центра – ВНИИ экспериментальной физики в Сарове, известного ныне как Арзамас-16.

в этой страшной войне год. Затем был Волховский фронт, где он воевал почти два года (с февраля 1942 по январь 1944 г.) в составе 28 гвардейского минометного полка, командовал отделением связи. Был комсоргом дивизиона, во Всесоюзную коммунистическую партию большевиков (ВКПб) сержант Е.А. Туров вступил в сентябре 1942 г. (ему было только 18 лет), когда немцы были уже в Сталинграде. О годах войны он вспоминал как поре тяжелого изнурительного труда. «Оборванную связь восстанавливали под кромешным огнем, в лютые морозы. Волховский фронт – места болотистые, зимой чуть шагнул с дороги – и в ледяную воду», – вспоминал Евгений Акимович. «Кто не боится пыли, грязи, те идите в роту связи», – повторяли в самые трудные минуты его боевые товарищи. 19 января 1944 г. он был тяжело ранен при освобождении Новгорода. Тогда же он был представлен к медали «За отвагу». Три месяца лечился в прифронтовом госпитале в г. Боровичи Новгородской области. У него был общий сепсис. Около месяца он находился между жизнью и смертью, на много дней терял сознание. Пять раз ему переливали кровь. В этом госпитале он находился около трех месяцев, был лежачим больным. Он говорил, что после этого он учился заново не только ходить, но и стоять, и сидеть. Научившись ходить с костылями, он был эвакуирован в Казань, которая в те годы была всесоюзным госпиталем на Волге. В Казани он лечил свою ногу, которая настолько была плоха, что зачастую речь шла об ее ампутации. Он потом всю жизнь мучился с этой ногой. В середине лета из Казани в свердловский госпиталь Е.А. Турова перевезла его мать Фекла Антиповна. Долечивался он уже в Свердловске. Госпиталь размещался в школе №11, сейчас в этом здании находится Уральский государственный университет, где потом Евгений Акимович продолжил свое образование. В сентябре 1944 г. он выписался из госпиталя и приступил к занятиям в Уральском университете: из больничной палаты – в студенческую аудиторию. Евгений Акимович говорил, что учиться после контузии было трудно, просто очень трудно, многое забылось (приходилось все учить заново: алгебру, геометрию, физику), нога все время болела. Однако учился он хорошо, стал сталинским стипендиантом. (Сталинская стипендия для студентов была учреждена в честь 60-летия И.В. Сталина в 1939 г.) Первый раз его раны закрылись в 1947 г. Уральский государственный университет он с отличием закончил в 1949 г. Студенческая жизнь Евгения Акимовича не была устлана розами: тяжелое послевоенное время, до 1947 г. карточная система (карточки на все: от продуктов питания до ширпотреба), а он – инвалид, живущий на Уралмаше. Каждый день нужно ехать в университет на улице Куйбышева 48, зимой гололед, а единственное



Ветеран Великой Отечественной войны

транспортное средство – трамвай, и – костыли. В 1949 г. университет окончен.

С 1949 г. его жизнь была связана с Институтом физики металлов, где с 1949 по 1951 г. Евгений Акимович – аспирант у С.В. Вонсовского, потом его учеба в ИФМ неожиданно прерывается до 1954 г., и далее он младший, старший научный сотрудник, доктор физико-математических наук (1964 г.), профессор (1966 г.), заведующий отделом теоретической физики (1963–1988 гг.), заместитель директора по научной части (1977–1982 гг.), с 1988 г. – главный научный сотрудник. Перерыв в работе в ИФМ с 1951 по 1954 г. был связан с тем, что Евгений Акимович вынужден был уйти из института. В эти годы он работал школьным учителем. Причина его ухода из института для тех лет банальна: один из бдительных сотрудников института обнаружил, что Евгений Акимович, вступая в партию, скрыл факт своей биографии, что его отец был раскулачен. А сотруднику с такой биографией – не место в институте. Евгений Акимович оставил институт и ушел работать в школу. Работая в школе, он не забывал о науке, и вскоре после возвращения в институт защитил кандидатскую диссертацию. Вспоминая годы своего учительства в школе, он говорил, что знает, что такое учительский труд и понимает, какой он требует отдачи.

Выше я уже упоминал, что жизнь научная жизнь Евгения Акимовича началась в 1949 г. и продолжалась почти 60 лет. Он был свидетелем и участником грандиозных событий, которые произошли в физике во второй половине XX в., поистине «золотого» века науки. Возьмем 1949 год. Август 1949 г. – в СССР были изготовлены детали из высокочистого плутония для первой атомной бомбы. Успешное испытание первой советской атомной бомбы было проведено 29 августа 1949 г. на специально построенном полигоне в Семипалатинской области Казахстана. 12 августа 1953 г. была испытана 400 килотонная водородная бомба конструкции академика А.Д. Сахарова. Первая водородная бомба в СССР. И это ведь тоже физика, но уже и не только физика, а химия и специальная электрометаллургия – металлургия редких, редкоземельных и рассеянных элементов. А средства доставки таких изделий – это уже авиация и космонавтика.

Развитие «мирной» науки во второй половине XX в. шло тоже быстрыми темпами. Создание квантовой теории сверхпроводимости, знаменитой теории Бардина–Купера–Шриффера (БКШ), работы Н.Н. Боголюбова в этой области, разработка квантовой теории твердого тела, создание лазеров и появление квантовой радиофизики, успехи в области оптики, интенсивное развитие физики полупроводников и ее приложений в различных областях техники, открытие высокотемпературной сверхпроводимости, успехи в области нелинейной физики, открытие солитонов и вихрей – все это происходило совсем недавно. А грандиозные открытия и успехи в космонавтике: 4 октября 1957 г. – запуск первого искусственного спутника Земли, 12 апреля 1961 г. – первый человек в космосе. В таких экстремальных условиях информационной ударной волны происходило дальнейшее формирование личности бывшего фронтовика и крупного ученого Евгения Акимовича Турова. Все это наложило отпечаток на его научные интересы.

Евгений Акимович является одним из зачинателей и создателей ряда важных направлений в физике твердого тела, таких как кинетические и магнитно-резонансные свойства ферромагнитных металлов и полупроводников, физические основы СВЧ-магнитоакустики ферро- и антиферромагнетиков, ядерный магнитный резонанс и его применение, систематические исследования физиче-

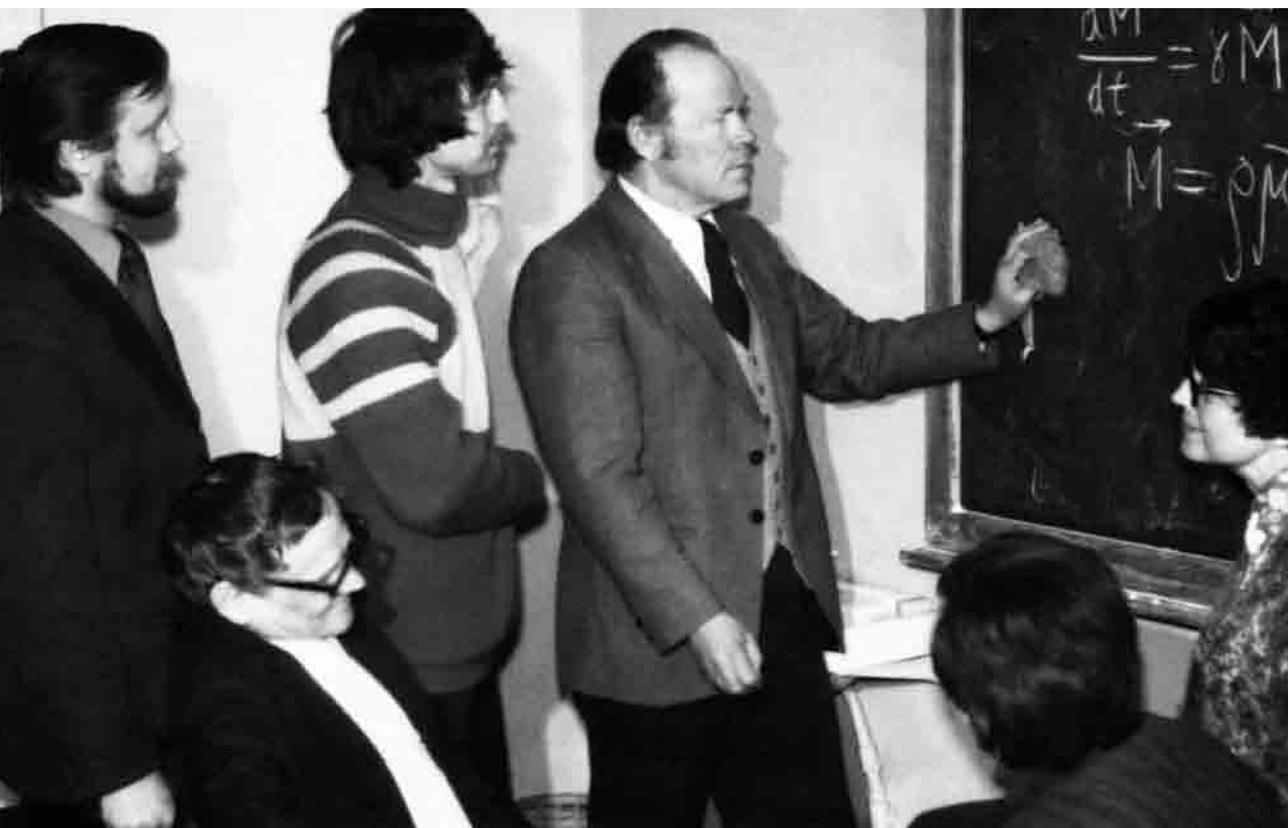
ских (кинетических, оптических, акустических) свойств антиферромагнитных кристаллов, в том числе со слабым ферромагнетизмом, в зависимости от их симметрии, магнитной структуры и состояния, эффекты электрон-электронной корреляции в переходных металлах, в том числе на основе спин-флуктуационного подхода и машинной математики. Значительная часть исследований посвящена динамическим явлениям. Циклы работ по этим направлениям, как правило, завершались обобщающими трудами (монографии и фундаментальные обзоры), по которым училось, учится и будут учиться не одно поколение физиков и инженеров-исследователей. Его книги «Ферромагнитный резонанс» (1961 г.), «Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов» (1963 г.), «Ядерный магнитный резонанс в ферро- и антиферромагнетиках» (1967 г.), «ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применения» (1990 г.), «Динамические и кинетические свойства магнетиков» (1986 г.), «Кинетические, оптические и акустические свойства антиферромагнетиков» (1990 г.), «Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков» (2001 г.) известны не только в нашей стране, но и за ее рубежами. Названия этих книг полностью соответствуют тем научным направлениям в физике твердого тела, в которых работал Евгений Акимович. И в каждом из этих направлений им были получены заметные результаты. Среди работ Е.А.Турова нет работ по сверхпроводимости, по крайней мере, мне они неизвестны.

Евгений Акимович в своих исследованиях всегда обращался к простым моделям, пытаясь объяснить на «пальцах» и теоретическую постановку задачи, и полученные результаты. Мне приходилось видеть на конференциях, когда в перерыве, после доклада и на кофе-брейках Турова окружала толпа экспериментаторов, жаждущих обсудить с Евгением Акимовичем собственные результаты. В 1970 г. под его редакцией в переводе с английского вышел очень полезный (для экспериментаторов и теоретиков, особенно нашей ЯМР лаборатории) сборник «Сверхтонкие взаимодействия в твердых телах».

В Государственном реестре открытий СССР в разделе «Радиоэлектроника, оптика, магнетизм и физика твердого тела» значится явление «Магнитоакустический резонанс». Был такой комитет в СССР по делам изобретений и открытий, который занимался регистрацией этих самых открытий. Формула открытия «Магнитоакустический резонанс» звучит так: «Установлено неизвестное ранее явление взаимодействия гиперзвуковых и магнитных (спиновых) волн в ферро-, ферри- и антиферромагнетиках, особенно интенсивно проявляющееся в виде возбуждения магнитных волн гиперзвуковыми и гиперзвуковых волн магнитными при совпадении частот этих колебаний (магнитоакустический резонанс)». Авторы: академик АН УССР А.И. Ахиезер и кандидаты физико-математических наук В.Г. Барьяхтар и С.В. Пелеминский (Физико-технический институт АН УССР). Суть этого явления такова. Благодаря магнитострикции и пондермоторному действию, обусловленному спонтанной намагниченностью, возникает связь между звуковыми и магнитными волнами в ферро-, ферри- и антиферромагнетиках, значительно возрастающая при сближении длин звуковых и спиновых волн. Это позволяет эффективно возбуждать магнитные волны с помощью звуковых волн, а звуковые волны – с помощью магнитных волн или внешнего магнитного поля. Я спросил у Евгения Акимовича – как же так, ваша работа с Ю.П. Ирхиным появилась в 1956 г., а их – в 1958 г. Евгений Акимович засмеялся и ответил мне: «Не берите в голову, Толя, это абсолютная ерунда. У меня это открытие было на рецензии,

и я написал положительное заключение». Да, и не было тогда никаких показателей результативности научной деятельности (ПРНД), а Евгения Акимовича и Виктора Григорьевича Барьяхтара связывали добрые дружеские отношения. Замечу, что именно за работы по магнитоупругим свойствам ферро-и антиферромагнетиков в 1986 г. Евгению Акимовичу в составе коллектива украинских авторов была присуждена Государственная премия Украины.

Увлечение магнитоэлектричеством стало лебединой песней старого профессора. Взаимодействие электрической и магнитной подсистем может проявляться в виде магнитоэлектрического эффекта: индуцированной электрическим полем намагниченности и индуцированной магнитным полем электрической поляризации. Долгое время магнитоэлектрические эффекты представляли в основном интерес академический, однако открытый в последнее время (2001 г.) гигантский магнито-электрический эффект в висмутовом феррите позволил говорить о практическом применении магнитоэлектриков для преобразования электрических полей в магнитные и обратно, что является одной из насущных проблем сенсорной техники, микроэлектроники и систем магнитной памяти. В 2004 г. Евгением Акимовичем был написан обзор «Новые физические явления в магнетиках, связанные с магнитоэлектрическим и антиферроэлектрическим взаимодействиями», опубликованный в журнале «Успехи физических наук» (2005. Т. 175. С. 457–473).



Е.А. Туров на семинаре с учениками

Евгений Акимович уделял большое внимание воспитанию научных кадров. На протяжении 25 лет он являлся профессором Уральского университета, у него было много талантливых учеников, была своя научная школа: им было подготовлено 20 кандидатов наук, из них 10 защитили докторские диссертации. Евгений Акимович активно работал с Ю.П. Ирхиным, В.Г. Шавровым, В.Е. Найшем, М.И. Куркиным, О.Б. Соколовым, А.Н. Волошинским, А.И. Тимофеевым, В.В. Меньшениным, В.В. Николаевым, И.Ф. Мирсаевым, Ю.Г. Райдугиным, А.А. Луговым, С.В. Ивановым и другими сотрудниками института. Е.А. Туров, работая в Уральском университете, разработал и прочитал ряд авторских курсов, таких как «Квантовая теория твердых тел», «Магнитный резонанс», а также общий курс «Электродинамика материальных сред». Именно по курсу «Электродинамика материальных сред» им было написано замечательное учебное пособие «Материальные уравнения электродинамики», вышедшее в издательстве «Наука» в 1983 г. Далее оно, существенно переработанное и дополненное, вышло в 2000 г. под названием «Основы электродинамики материальных сред в переменных и неоднородных полях» в соавторстве с профессором УрГУ Е.А. Памятных. Авторы этого учебника были награждены премией Уральского университета (2001 г.), а также удостоились звания победителей федерального конкурса «Интеграция фундаментальной науки и высшего образования». Евгений Акимович очень тщательно готовился к лекциям, просматривая массу литературы. Помню, как в одной из «Коуровок» он готовил для студентов курс «Квантовая теория твердых тел». Тогда «Коуровки» были длинные – дней 10–12. Он попросил нас, тогда еще аспирантов, помочь ему в транспортировке необходимой для подготовки этого курса литературы. Книг набралось десятка полтора, целый рюкзак. В результате такой тщательной подготовки, после проработки рюкзака специальной литературы получалось то, что называется «хороший авторский курс». Поэтому неудивительно, что студенты, шутя, иногда называли Е.А. Турова «Дед-буквояд».

Евгений Акимович в своей работе не ограничивался только границами России и Советского Союза, он неоднократно получал приглашения в физические центры США, Канады, Франции, Германии, Польши и другие страны, где он читал циклы лекций по разным вопросам физики магнетизма переходных металлов.

У Евгения Акимовича были ученики не только в Екатеринбурге, он тесно взаимодействовал с физиками из Азербайджана, там были у него ученики Юханас Сеидов и Наби Гусейнов. Тесные научные связи связывали школу Е.А. Турова с украинской физической школой В.Г. Барьяхтара. В Башкирии он, как бы сейчас сказали, был консультантом, по докторской диссертации М.М. Фарзтдинова – первого собственного доктора наук по физике магнитных явлений в этой республике. В Башкирии к настоящему времени сложилась уже своя школа физиков-магнитологов, которую до недавнего времени фактически возглавлял ученик М.М. Фарзтдинова, мой друг и коллега, заведующий кафедрой теоретической физики местного университета М.А. Шамсутдинов.

Как я стал учеником Е.А. Турова. Я закончил физико-технический факультет Уральского политехнического института им. С.М. Кирова в 1967 г., по специальности «Экспериментальная ядерная физика со специализацией по квантовой радиофизике и радиоспектроскопии» с квалификацией инженер-физика. Таких как я, бывших физтеховцев, в нашей лаборатории кинетических явлений шесть человек. Мы учились шесть лет, как нынче учатся магистры. После зимней сессии

на пятом курсе, я подошел к Аэлите Константиновне Штольц, доценту нашей кафедры, с просьбой о рекомендации меня кому-нибудь в ИФМ для занятия наукой с перспективой остаться в Институте физике металлов в аспирантуре. Подумав, она сначала назвала несколько фамилий сотрудников ИФМ, с кем бы из них она могла поговорить на эту тему, потом подумав немного, она оставила лишь одну – Е.А. Туров, отметив, что Е.А. Туров – очень серьезный и надежный руководитель. Так я попал к Евгению Акимовичу. Он дал мне задачу разобраться с квадрупольной релаксацией, обусловленной спин-фононным взаимодействием. Я что-то тогда сосчитал уже и не помню, что. Евгений Акимович в это время читал лекции по магнитному резонансу на 5-ом курсе физического факультета УрГУ. Я стал ходить к нему на лекции, посещал семинары отдела теоретической физики, которым руководил Евгений Акимович. Дипломную работу тем не менее я сделал у Тамары Георгиевны Изюмовой (Рудницкой), а осенью сдал экзамены и поступил в аспирантуру к Евгению Акимовичу. В тот год мы поступали в аспирантуру отдела теоретической физики вчетвером: Ю.С. Пятилетов (мой однокашник по УПИ), В.К. Звездин, Г.А. Бабушкин и я. Я до сих пор помню вопросы, которые были у меня на экзамене: 1) макроскопические уравнения электродинамики; 2) статистка электронов в металле; 3) динамика точки переменной массы. А четвертым был вопрос по математике. Евгений Акимович предложил взять интеграл с помощью теории вычетов. С интегралом я справился. Общежития не было (снял квартиру на Вторчемете), полставки младшего научного сотрудника, как сейчас аспирантам, нам не давали, а была лишь стипендия в 67 руб. 80 коп. Пришлось прирабатывать на подготовительных курсах по подготовке абитуриентов для поступления в УПИ.

Евгений Акимович был всегда очень занят: во время моего пребывания в аспирантуре нередко он уезжал в длительные заграничные командировки (разные конференции, приглашения прочесть лекции), часто его беспокоила нога, и он работал дома. Моим непосредственным наставником был Михаил Иванович Куркин, который только что закончил работу над собственной кандидатской диссертацией. Я чувствовал себя вполне комфортно: Евгений Акимович сильно не приставал, любую консультацию я мог получить у М.И. Куркина, учиться в аспирантуре мне нравилось. Когда писалась первая статья, Евгений Акимович болел, лечился он в физдиспансере, который находился на улице Испанских рабочих, его беспокоила нога. Я поехал к нему со статьей. Естественно меня к нему не пустили, медсестра ходила в палату, где он лежал, и сказала, что к нему пришли. Коридор был длинный, смотрю, по коридору «мчится» на костылях Евгений Акимович. Когда он «подбежал» ко мне я ему сказал, что зачем он столь быстро перемещается. Он ответил, что в госпитале, где он долечивался после ранения, больные устраивали соревнование по бегу на костылях, и часто он приходил к финишу первым. Мы поработали с ним около часа, и он дал добро на публикацию статьи. Правда, у нас здесь возникла небольшая дискуссия по поводу богатых возможностей русского языка. Я выше уже говорил, что Евгений Акимович в соавторстве с Михаилом Петровичем Петровым из С.-Петербургского Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН написал книгу «Ядерный магнитный резонанс в ферро-и антиферромагнетиках», и Евгений Акимович решил на нее сослаться в статье так: «Один из авторов (этой статьи, имелся в виду сам Е.А. Туров) и Петров показали...». Я осторожно заметил: «Евгений Акимович, получается, что оба



На «Коуровке-XXV» с участниками первой Коуровки

автора и оба Петра, как-то неоднозначно. А если бы фамилия второго автора была **Козлов**, это уж совсем как-то неприлично звучит. Он подумал и оставил, как было, «Петров». Мою кандидатскую диссертацию он смотрел около часа, ровно столько, сколько идет электричка от станции «Свердловск» до станции «Коуровка». Мы ехали в юбилейную «Коуровку-10», которая имела место быть в 1970 г. в Коуровском доме отдыха. В этой «Коуровке», на мой взгляд, была самая большая из всех коуровских снежных изб – игл. Пролистав диссертацию, Евгений Акимович дал добро на печатание чистового варианта. А летом был экзамен по специальности. Этот экзамен мы сдавали в июне. Мы – это Ю.С. Пятилетов, Л.И. Яковенкова и я. К экзамену по специальности Евгений Акимович всегда относился достаточно серьезно, был строг и спрашивал дотошно. Первый вопрос давался аспиранту за день до экзамена, второй вопрос задавался за час до экзамена, ну а третий, наконец, во время экзамена. Причем вопросы могли быть совсем не по тематике, близкой к теме диссертационной работы аспиранта. Мне, например, «выпали» такие вопросы: 1) диаграммная техника теории сверхпроводимости; 2) фононы в кристалле; 3) вариационные принципы механики. Защита диссертации состоялась в УрГУ им. А.М. Горького 12 декабря 1970 г. Защита прошла успешно, своим выступлением работу поддержал С.В. Вонсовский. Закончился день банкетом в ресторане «Большой Урал», который в то время назывался кратко и емко «БУШ». Евгения Акимовича на защите и банкете не было (он был в командировке в Ленинграде), а была Валентина Андреевна, его жена.

Так и закончилась моя аспирантура. После ее окончания я 20 лет проработал в отделе теоретической физики (младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник). В 1990 г. защитил докторскую диссертацию, и с 1 апреля 1991 г. – заведующий лабораторией кинетических явлений, где пребываю до сих пор, тоже уже 20 лет.

Евгению Акимовичу принадлежала идея создания на базе ИФМ совместной кафедры с Уральским государственным университетом. Он «сгенерировал» ее, будучи заместителем директора Института по научной части. Эту идею горячо поддержали отцы-основоположники нашего Института – академик Сергей Васильевич Вонсовский, в то время председатель Президиума Уральского научного центра АН СССР, директор нашего института, тогда еще профессор, Михаил Николаевич Михеев и ректор Уральского государственного университета им. А.М. Горького – профессор Паригорий Евстафьевич Суетин.

М.Н. Михеев сказал тогда свою знаменитую фразу о молодежи: «Молодежь нужно привлекать в науку, институт должен омываться молодежью». Не все заведующие лабораториями нашего Института поддержали эту идею: не хотелось пускать студентов в лаборатории. Не все поддержали создание такой кафедры и в университете. Однако кафедра все же была организована в 1981 г., сначала она называлась базовой кафедрой физики металлов, методическое руководство базовой кафедрой осуществляла кафедра теоретической физики, которой в то время руководил профессор А.А. Бердышев. В 1986 г. ее статус изменился, она стала филиалом кафедры физики твердого тела УрГУ им. М. Горького в ИФМ. Мы перешли под методическое руководство кафедры физики твердого тела. Независимо от переименования базовая кафедра вполне успешно работала до 2001 г., потом ее деятельность прекратилась по независящим от нас обстоятельствам: отсутствие финансирования. В становлении кафедры и ее работе принимали самое активное участие В.Е. Найш, В.Е. Старцев, Ю.П. Ирхин, В.Г. Пушин, Б.А. Гринберг, В.И. Зельдович, Н.Н. Лошкарева, Е.Ю. Медведев и др. Со стороны университета в работе кафедры существенную помощь нам оказывал доцент Х.М. Биккин, занимаясь всеми делами кафедры (учебными и организационными) непосредственно в университете. На кафедре были две специализации: 1) электронная структура и электронные свойства металлов и 2) физика прочности и пластичности. Мы не только читали лекции, вели лабораторные работы упражнения, но и пытались издавать учебные пособия. Б.А. Гринберг и В.Г. Пушин написали и издали учебное пособие по физике прочности и пластичности («Физика прочности и пластичности металлов и сплавов», 1986 г.); Ю.П. Ирхин и В.Ю. Ирхин – по электронному строению и физическим свойствам переходных металлов («Электронное строение и физические свойства переходных металлов» 1989 г.); Е.Ю. Медведев – по основам автоматизации эксперимента. Известны и пользуются сейчас спросом у молодежи института три небольших учебных пособия, написанные в те годы В.Е. Найшем: «Теория симметрии кристаллов» (1986 г.), «Фазовые переходы в твердых телах» (1985 г.), «Практикум по теории групп» (методические указания), изданный в 1983 г. На авторском экземпляре «Теория симметрии кристаллов», подаренном мне, Валентин Евстигнеевич написал: «Симметрия – она вокруг нас, а у некоторых и в душе. И она помогает сохранить душевное равновесие».

Создание кафедры в институте высоко оценила комиссия АН СССР во главе с академиком А.С. Боровиком-Романовым, проверявшая ИФМ, не помню точно,

где-то в 1984 или 1985 г. До этого, по результатам проверки института в 1980 г., было принято Постановление бюро Отделения общей физики и астрономии о деятельности Института физики металлов за 1976–1979 гг. от 27 февраля 1980 г., где Институту было рекомендовано рассмотреть вопрос об организации базовых кафедр в УрГУ и УПИ (по типу МФТИ). За годы существования филиал закончило более 130 человек, кто-то из них остался в науке, кто-то ушел в бизнес или промышленность, кто-то трудится за границей, но почти все тепло вспоминают базовую кафедру и то, как и чему их на ней учили. Часть выпускников, окончивших нашу базовую кафедру, работает в институте.

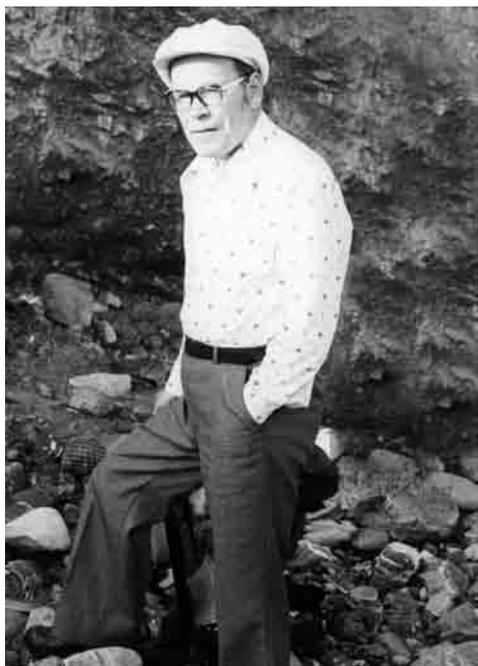
Еще одно полезное начинание в области образования было предпринято Евгением Акимовичем. Это уже напрямую относится к научным сотрудникам института. Им была выдвинута идея повышения квалификации сотрудников через сдачу теоретического минимума. Была разработана программа так называемого «Теоретического минимума» как для теоретиков, так и экспериментаторов. Над ней трудилась целая команда. Разработкой программы руководил Валентин Евстигнеевич Найш. Каждый ее раздел тщательно обсуждался, подбирались соответствующая литература, и в результате получилась очень хорошая добротная программа, но как говорится: «Не каждая птица долетит до середины Днепра». Лишь малое число сотрудников перелистало ее, а решились сдавать еще меньше. А идея была хороша, программа по существу до сих пор не устарела. Она и сейчас может быть взята за основу при подготовке к экзамену по кандидатскому минимуму.

В то время, когда Евгений Акимович был заместителем директора по науке, он предложил для координации научной деятельности института создать проблемные советы по его научным направлениям: 1) электронная структура и электронные свойства твердых тел; 2) физика прочности и пластичности; 3) магнетизм и магнитная дефектоскопия. По-моему, был еще совет по радиационной физике твердого тела. Эта идея Е.А. Турова оказалась чрезвычайно плодотворной. Проблемные советы быстро нашли свою нишу в научно-организационной структуре института, органично вписавшись в его научную жизнь. Эти советы существуют в нашем институте уже более 30 лет. Мне пришлось быть первым ученым секретарем проблемного совета по электронной структуре и электронным свойствам твердых тел. Теоретики института в основном входили в этот совет.

Я не знаю, кто был любимым писателем Е.А. Турова. А из поэтов, будучи в хорошем настроении, он читал наизусть Эжена Потье (1816–1887 гг.) – французского поэта, анархиста, мастера политической песни, как говорят о нем обычно<sup>1</sup>. Однако Эжен Потье – не только мастер политической песни, он прекрасный лирический поэт, в своих лирических стихах о любви и природе он развивал традиции Беранже. Такого Эжена Потье и любил Евгений Акимович, он любил читать его стихотворение «Вторая молодость». Вообще-то у самого авто-

---

<sup>1</sup> Эжен Потье выступил как зрелый поэт в дни Французской революции 1848 г. Был одним из организаторов Коммуны, принимал участие в выработке ее декретов. В дни разгрома Коммуны, в подполье, им написано всемирно известное стихотворение «Интернационал», положенное на музыку Пьером Дегейтером (1848–1932 гг.), песенным композитором, фламандцем. На русский язык «Интернационал» перевел советский поэт, по специальности горный инженер, Аркадий Яковлевич Коц (1877–1943 гг.), во время войны он жил в эвакуации в Свердловске, здесь он и скончался, похоронен на Ивановском кладбище, на главной аллее. «Интернационал» до 1943 г. был гимном СССР, сейчас это гимн КПРФ.



В Крыму, 1979 г.



С Михаилом Ивановичем Куркиным,  
1990 г.

ра это стихотворение считается песней. Я слышал это стихотворение в исполнении Евгения Акимовича дважды. Прочитав его, начинаешь глубже понимать внутренний мир Евгения Акимовича. Ниже оно приводится в русском переводе Александра Гатова. На французском языке оно, наверное, звучало бы много лучше.

О сорок лет моих молчите!  
И ты умолкни седина!  
Одета в солнечные нити  
Земля юна и зелена.  
И ласточки в полете остром  
С собой зовут меня в рассвет.  
Кричу: «Привет любимым сестрам!  
Сегодня мне пятнадцать лет!»  
Ничем не озабочен разум.  
Такая радость – дар судеб.  
Не вправе ль я в вине экстаза  
Порою омочить мой хлеб?  
Я ль не могу припев дразнящий  
Найти, как юноша-поэт –  
Припев крылатый и блестящий?  
Сегодня мне пятнадцать лет!  
Огонь таился там, под пеплом,  
Он был и немощен и глух.  
Я счастлив! Песня вновь окрепла!  
А мне казалось – я потух.  
Наружу, пламя! Все столетья  
Пронижет этот яркий свет!  
Воскресшая так юность светит.  
Сегодня мне пятнадцать лет!  
Кусты сплетались там ветвями,  
Манила Музы болтовня!  
И пусть акация ногтями  
В овраге ранила меня,  
Природы я отдался чарам,  
Впивая солнечный привет.  
И брюки я порвал недаром –  
Сегодня мне пятнадцать лет!  
Философ, я в раздумье тяжком  
К ответу солнцу привлеку.  
Его, как желтую ромашку  
Я оборву по лепестку.  
Воспоминаниям невинным  
Предамся, негой их согрет –  
В мечтах любовных Керубино...  
Сегодня мне пятнадцать лет!  
Я вижу травы молодые,  
Им поцелуй дарят лучи.  
И льнут тюльпаны полевые

Один к другому, горячи...  
Луга мне бархатные любви.  
С природой рознь сведу на нет.  
Люблю ее, целую в губы.  
Сегодня мне пятнадцать лет!

*Фосс-Базен, 1856 г.  
(Керубино – паж из оперы Моцарта «Свадьба Фигаро»)*

Будучи коммунистом, Евгений Акимович всегда занимал активную жизненную позицию, был секретарем партийного бюро Института. К сожалению, не все его идеи получали реальное воплощение. Евгений Акимович нелегко переживал развал Советского Союза, крушение коммунистических идеалов. В последние годы жизни Евгений Акимович тяжело болел.

Родина оценила заслуги ветерана: член-корреспондент РАН Евгений Акимович Туров – кавалер орденов Ленина, Отечественной войны I степени, медалей «За отвагу», «За победу над Германией», «За трудовое отличие», «За заслуги перед Отечеством» IV степени и др.

**17 ноября 2007 г. Евгения Акимовича Турова не стало.**

*А.П. Танкеев  
Екатеринбург, 17 ноября 2011 г.  
Выступление на XII Всероссийской молодежной школе-семинаре  
по проблемам физики конденсированного состояния вещества*

### Список литературы

1. Ферромагнитный резонанс. М. Физматлит, 1961. 344 с.
2. Туров Е. А. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 224 с.
3. Туров Е. А., Петров М. П. Ядерный магнитный резонанс в ферро- и антиферромагнетиках М.: Наука, 1969. 260 с.
4. Куркин М. И., Туров Е. А. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применения. М.: Наука, 1990. 248 с.
5. Динамические и кинетические свойства магнетиков. М.: Наука, 1986. 248 с.
6. Туров Е. А. Кинетические, оптические и акустические свойства антиферромагнетиков. Свердловск, 1990. 134 с.
7. Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков / Е. А. Туров, А. В. Колчанов, В. В. Меньшенин, И. Ф. Мирсаев, В. В. Николаев. М.: Физматлит, 2001. 560 с.
8. Туров Е. А. Новые физические явления в магнетиках, связанные с магнито-электрическим и антиферроэлектрическим взаимодействиями // Успехи физических наук, 2005, Т. 175, С. 457–473.



---

Он людям доверил душу,  
науке же - разум свой  
**(Павел Степанович  
ЗЫРЯНОВ)**

Есть люди, после которых остается чистый и яркий след, словно свет метеора, вторгшегося в земную атмосферу. С первого взгляда, это обыкновенные и простые люди, но, столкнувшись с ними поближе, мы вдруг обнаруживаем, как необычно много талантов, мудрости, обаяния, чистоты помыслов, реального участия к окружающим заложено в них. Именно к таким светлым и ярким личностям относится Павел Степанович Зырянов или просто ПС, как его с уважением называли друзья между собой. И это не было чем-то пренебрежительным к нему, а, наоборот, подчеркивало, что Павлов Степановичей может быть много, а вот ПС – один единственный. Отсюда происходили и многие другие определения. Например, неизвестные грибы, которые находил Павел Степанович, называли пээсовиками, а лесной поляна километрах в десяти от станции Сагра впоследствии получила название пээсовской поляны и т.п.

Павел Степанович, несмотря на разницу в наших годах, был моим другом. Согласно Есенину, казалось бы, «лицом к лицу – лица не увидать», однако ПС был таким человеком, что его способности и замечательные качества были видны и вблизи, и на расстоянии.

Наверное, не всегда о тех, с кем мы общаемся, можно говорить только хорошее, поскольку человек часто противоречив в своих поступках и высказываниях и у него наряду с хорошими качествами выявляются и серьезные недостатки. Однако человек, о котором я хочу здесь поведать, обладал такими достоинствами, которые, с моей точки зрения, затмевали возможные недостатки.

Судьба ПС сложилась так, что слава известного ученого пришла к нему значительно позже тех непомерных испытаний, которые выпали на его юношеские годы. Эти годы связаны с дорогами войны, которые провели парня, родившегося в 1922 г., от Воронежа до Берлина. Но ни полученные ранения, ни тяготы послевоенных лет

---

не уничтожили тягу к знаниям, которая в нем давно зародилась. Однако теперь его увлекают не пространственно-геометрические измерения в недрах земли и на соответствующих участках ее поверхности (П.С. перед самой войной в январе 1941 г. окончил горно-металлургический техникум по специальности «маркшейдерское дело»), а новые физические теории, которыми в то время бредили многие молодые люди. Умудренный жизненным опытом молодой человек, родившийся в далекой уральской деревне Перебор, стоящей на высоком берегу реки Исеть, оканчивает Уральский государственный университет. Полученные здесь знания окрыляют его, но он понимает, что окончание вуза это не конец образования. С таким настроением он едет в Москву и поступает в аспирантуру Московского государственного университета к профессору А.А. Власову. Знаменитые кинетические уравнения Власова, описывающие явления в бесстолкновительной плазме уже тогда были известны всему миру. Знакомство с кинетическими явлениями как в плазме так и в других средах определило дальнейший научный путь П.С. Зырянова. Находясь в МГУ, он выполняет ряд интересных исследований, посвященных спектрам электронных возбуждений плазмы в периодическом поле ионов, и в 1954 г. защищает кандидатскую диссертацию на тему «Некоторые приложения коллективных взаимодействий к теории металлов». Уже эти первые работы показали, насколько точно и ясно П.С. способен формулировать суть проблем и какие самые неожиданные способы их решения он предлагает. Эти важные составляющие его научной деятельности совместно со способностью чувствовать самые существенные и перспективные научные направления позволили П.С. впоследствии выполнить большое число фундаментальных исследований, хорошо известных как в нашей стране, так и за рубежом, и сделали П.С. одним из ведущих физиков-теоретиков, работающих в области физики конденсированного состояния. Однако это произошло уже после возвращения П.С. в Свердловск в 1954 г., где он становится старшим преподавателем, а затем доцентом (в звании доцента утвержден в 1955 г.) физико-технического факультета Уральского политехнического института.

П.С. как мыслил, так и говорил: предельно четко и ясно. Как-то в 1960 г. я случайно попал на доклад по поводу одной из его новых работ. Уже тогда меня поразила способность П.С. элементарно просто объяснять суть физических явлений. Со временем мне удалось выяснить, что успех этого коренится не только в природных способностях человека, но и в колоссальном труде, связанном с непрерывным и доскональным продумыванием получающихся результатов. Тогда я впервые понял, что получить формулу – этого мало, это еще только начало процесса. Самое главное – надо четко понять, почему она такой получилась, какова область её применимости и что из всего этого следует.

Досконально П.С. продумывал и читаемые им лекции на физико-техническом факультете. В его характеристике, подписанной директором Уральского политехнического института Н.С. Сиуновым, есть такие слова: «Лекции П.С. Зырянова чи-



В молодые годы

таются на высоком научном уровне, отличаются строгостью и ясностью изложения». Это кажется особенно удивительным, если учесть, что читаемые им курсы были самыми разнообразными. Сюда относились аналитическая механика, электродинамика, гидро- и газодинамика, физика атомного ядра, квантовая механика, физика твердого тела, квантовая химия и др.

Не забывал ПС и о подрастающем поколении. Здесь на физико-техническом факультете под его руководством была защищена кандидатская диссертация В.М. Елеонского. Впоследствии у ПС с Елеонским установились дружеские отношения.

Успешно занимаясь преподавательской деятельностью, ПС продолжает научные исследования. В период с 1954 по 1961 г. он с соавторами получил интересные результаты о релаксационных флуктуациях в конденсированных системах, нашел спектры слабых возбуждений системы электронов в периодическом поле, предложил новый подход в описании коллективных магнитных взаимодействий, изучил вопросы применения уравнений Хартри и Фока к системе квазичастиц.

Значительный научный интерес представляют работы о флуктуациях спиновой плотности в электронной плазме, влиянии кулоновских корреляций на спектр колебаний электронной плазмы, звукоэлектрических явлениях в вырожденной электронно-ионной плазме, квантовой теории спектра возбуждений электронного газа в магнитном поле.

Научные интересы Зырянова становятся весьма обширными и охватывают не только такие физические явления, как влияние электрической поляризации на магнитные свойства ферритов, что в настоящее время приобретает особый интерес



На конференции по низким температурам.

Слева направо: А.Н. Волошинский, П.С. Зырянов, Е.А. Туров, Б.Н. Филиппов, 1966 г.

для новой научно-технической отрасли – спинтроники, но и новые явления в биологии. Например, он успешно занимается изучением механизмов репродукции элементарных клеточных структур, а также природой сил взаимодействия хромосом. О высоком научном уровне этих работ свидетельствуют хотя бы высокий рейтинг (как говорят теперь) журналов «Биофизика» и «Цитология», в которых они опубликованы. Замечу, что исследованием в области биологии ПС заинтересовался под влиянием великого русского биолога Н.В. Тимофеева-Ресовского. Он вместе с другими «теоретическими физиками» (термин принадлежит Николаю Владимировичу) регулярно посещал семинары и знаменитые «трёпы», организуемые Тимофеевым-Ресовским. Об этих временах в своей статье «У истоков радиоэкологии» академик А.Т. Мокроносов вспоминает: «Молодые физики – теоретики школы С.В. Вонсовского, П. Зырянов, Г. Талуц, Ю. Плишкин принимали самое деятельное участие в теоретическом анализе задач, которые так щедро формулировал Николай Владимирович. Он относился к молодым физикам с глубокой проникновенной любовью». Статья опубликована в книге «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Очерки, воспоминания, материалы» (М.: Наука, 1993 г.). Позже, после переезда Николая Владимировича в Миассово, ПС при каждом возможном случае приезжал туда, чтобы принять участие в семинаре или просто поговорить о насущных научных проблемах.

Рамки вуза становятся тесными для творческих планов Павла Степановича, и в марте 1961 г. он переходит на работу в Институт физики металлов АН СССР на должность старшего научного сотрудника. В то время научных должностей было всего две: младший и старший научный сотрудник. Оказаться избранным на должность с.н.с. (шутники расшифровывали это так: страшно наученный сотрудник) было очень не просто, и избирали на нее уже сложившихся и широко известных в научном мире ученых. Читая отзывы о научной деятельности ПС, представленные из разных организаций, где он работал, обнаруживаешь полное единодушие, с которым разные ученые не только положительно, но и лестно оценивают его научные изыскания.

Хотя ПС был теоретиком, но при выборе тематики всегда исходил или из наличия экспериментальных заделов, или из анализа возможностей проведения параллельно с теоретическими еще и экспериментальных исследований.

Эта особенность деятельности Зырянова зафиксирована в ряде его характеристик, подписанных директором института М.М. Михеевым. Например, характеристике от 30 октября 1968 г. говорится: «Полученные Зыряновым результаты имеют значение как для теории, так и для практически важных приложений теории к вопросам создания новых электронных приборов».

Именно такая направленность на решение реальных, тесно связанных с экспериментом задач, позволило ПС заметить существующие несуразности в описании термомагнитных явлений в металлах и полупроводниках в квантующем магнитном поле. Проанализированное им существующее положение дел в этой области позволило обосновать необходимость выделения из полных потоков заряда и тепла недиссипативных потоков, связанных с диамагнетизмом электронов проводимости. Это привело к согласующемуся с экспериментом описанию термомагнитных явлений в квантующем магнитном поле. Данные фундаментальные результаты стали основой его докторской диссертации «Квантовая теория термомагнитных явлений в металлах и полупроводниках», которую он защитил в 1965 г.

Одновременно он успешно продолжал педагогическую деятельность в Уральском госуниверситете по совместительству, и в 1969 г. был удостоен звания профессора кафедры теоретической физики.

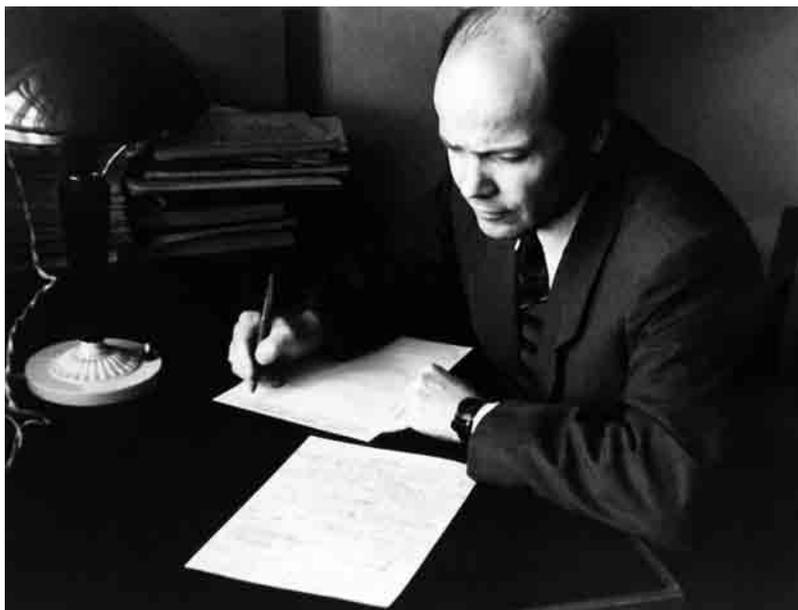
Постоянные поиски контактов с экспериментаторами привели его к мысли об организации специальной экспериментальной лаборатории, в рамках которой можно бы было реализовать его теоретические выводы и задумки. Идея об организации новой лаборатории была поддержана дирекцией, и в конце концов лаборатория появилась в соответствии с приказом директора в 1969 г. Её руководителем, естественно, был назначен Зырянов. Так была создана лаборатория кинетических явлений. П.С. вместе с А.П. Степановым потратили много сил и энергии для ее оснащения новейшим оборудованием и придания ей статуса вполне современной исследовательской ячейки. П.С. погиб неожиданно и, конечно, не мог оставить каких-либо пожеланий для дальнейшей научной жизни и развития лаборатории, но тем не менее дело, которое он задумал, гармонично развивается и по сей день. В этом надо отдать должное А.П. Степанову и А.П. Танкееву – руководителям-наследникам данной лаборатории. Мне кажется, что детище П.С. заслуживает того, чтобы, несмотря на все перемены, которые, безусловно, должны происходить, основное лицо лаборатории сохранялось бы всегда, например, как (согласно завещанию создателя фирмы) всегда сохраняется передняя никелерованная решетка у машин «Мерседес». Основное лицо этой лаборатории – всегда современные экспериментальные исследования на современном оборудовании. В этой связи «линейка» спектрометров ядерного магнитного резонанса, которая возникла в лаборатории уже после ухода П.С., стала хорошим подтверждением того, что дело П.С. Зырянова живет и развивается.

На этом новом этапе П.С. уже вместе с сотрудниками лаборатории, а также учеными других лабораторий и институтов продолжает традицию исследований на передовом крае науки. В этот период им выполнены работы по теории поглощения звука в металлах, взаимодействующего с электронами проводимости в квантующем магнитном поле. Их основной идеей было выделение недиссипативных потоков, связанных с диамагнетизмом. Большое внимание в то время П.С. уделял изучению широко обсуждаемой в научной литературе проблеме «горячих электронов» в полупроводниках. На основе рассмотренных им нелинейных гальваномагнитных явлений, отмечаемых в скрещенных электрических и квантующих магнитных полях и при наличии электрон-электронных столкновений, удалось показать, что эффективность межэлектронных столкновений сильно уменьшается при квантовании циклотронных орбит. Был выведен критерий применимости понятия эффективной электронной температуры и в частности найдено выражение для этой температуры при учете холловского поля и неравновесности длинноволновых фононов, взаимодействующих с электронами. Показано также, что характерное электрическое поле, при котором разогрев электронов становится значительным, зависит от концентрации электронов и увеличивается с повышением температуры решетки. Было установлено также влияние разогрева электронов на поперечное магнетосопротивление.

Большой блок работ, выполненных Зыряновым совместно с В.П. Силиным и В.И. Окуловым, посвящен квантовым электронным и спиново-акустическим волнам, парамагнитному поглощению ультразвука электронами проводимости в квантующем магнитном поле, связанным спиральным и спиново-акустическим

волнам в электронной жидкости в металлах. В этих работах в частности было показано, что установленные ранее продольные колебания электронной плотности связаны с колебаниями намагниченности. Учет ферми-жидкостных свойств электронной системы позволил предсказать также существование продольных квантовых спиновых волн.

Несомненный научный интерес представляет и ряд совершенно новых экспериментальных работ, выполненных ПС совместно с экспериментаторами И.А. Дубовцевым и Н.И. Филипповой. Необычность данных исследований связана с нетрадиционным применением



Работа над статьей

мессбауэровской спектроскопии для обнаружения эффекта возбуждения ультразвука в металлах и полуметаллах радиочастотным полем. Была установлена модуляция мессбауэровских спектров радиочастотным полем в неферромагнитных металлах. Эффект объяснен возникающей генерацией звуковой волны вихревыми токами, индуцированными в металле радиочастотным полем.

Незадолго до трагической гибели 24 марта 1974 г. ПС приступил к разработке своих новых идей по потере устойчивости кристаллических решеток, а также организации экспериментальных исследований локализованных магнитных моментов на примесных атомах. Эти идеи изложены в первом сборнике, посвященном памяти П.С. Зырянова.

Описать одни научные достижения Павла Степановича – слишком мало для того, чтобы полностью понять, что это была за личность. В нем как «два в одном» уместались и таланты исследователя, и прекрасные человеческие качества. «В сущности именно эти качества являются самым важным ресурсом человечества, сравнимым разве что с тем теплом, той энергией, которую так щедро посылает нам солнце». Эти слова принадлежат Аурелио Печчеи, знаменитому основателю и президенту Римского клуба, исследовавшего глобальные модели развития человечества. А привел я их не только для оправдания того, что написано далее, а также для того, чтобы подчеркнуть, что в наш век невероятного технического прогресса человеческие качества становятся определяющими.

Человеческие качества ПС можно выразить следующими словами. Всегда доброе отношение к окружающим, не зависимое ни от чинов и положения, ни от национальности, ни от профессии и образовательного ценза. Он не просто был готов помогать, он всегда помогал конкретными делами своим друзьям и близким. Он чрезвычайно добросовестно подходил к любому делу, будь то мо-

дернизация рыболовной снасти или решение кинетического уравнения. Он не был добрячком, прощающим недобросовестность, он не грозными окликаками, а шутивно непринужденными высказываниями умел внушить многое. Его рассуждения на житейские темы были полны народной мудрости. К нему прислушивались и с ним считались и студенты, и маститые ученые. Он не любил когда кто-то пытался навязать свое мнение без должных доказательств, хотя мыслил широко и часто повторял, что «все зависит от точки зрения».

Как-то знаменитый российский биолог Н.В. Тимофеев-Ресовский принес в редакцию свою монографию. В начале монографии был эпиграф: «Все зависит от точки зрения. Павел Зырянов». Цензоры стали спрашивать кто такой Павел Зырянов? На это Тимофеев-Ресовский ответил: «Как разве Вы не знаете? Это великий русский просветитель». Монография была принята и издана, каждый ее может посмотреть. Называется она «Применение принципа попадания в радиобиологии» (М.: Атомиздат, 1968 г.). Авторы Н.В. Тимофеев-Ресовский, В.И. Иванов, В.И. Корогодин. Об этой истории мне рассказал один из соавторов ученик Тимофеева-Ресовского академик В.И. Иванов, у которого мы с женой побывали в гостях, будучи в Москве. Я считаю, что слова Николая Владимировича редактору



«Тихий час» или Задумался. Размышление

не были преувеличением. ПС не стремился увековечить себя в этой ипостаси. Однако, как мне кажется, если бы он посвятил себя именно этой стороне жизни, то, несомненно, такой титул закрепился бы за ним официально. В этом смысле поучителен рассказ Марка Твена «В раю», все персонажи которого признавали великим полководцем не Александра Македонского, а некоего пекаря из глухой мало кому известной деревни просто потому, что в раю знают всё и обо всех. Точно так же я думаю, народ всегда знает о своих подлинных, а не дутых героях и хорошо знает, кто и что собой представляет, хотя эти знания остаются внутри самого народа. Крылатая фраза «все зависит от точки зрения» стала теперь достоянием людей далеко за пределами России, поскольку, как сообщил мне Андрей Николаевич Тимофеев, книга Тимофеева-Ресовского переведена на немецкий язык. По-немецки эти знаменитые слова звучат так: « Alles hängt von Standpunkt ab ».

По-видимому, слова Тимофеева-Ресовского, приведенные мною выше, не полны. Истории этого вопроса посвятил специальную статью В.М. Елеонский, опубликовав ее в трудах конференции «Современные проблемы радиобиологии, радиозэкологии и эволюции» (Дубна: ОИЯИ, 2001). В ней го-

ворится, что при прохождении книги Н.В. Тимофеева-Ресовского через цензуру родилась «веселая история о Павле – великом просветителе малой народности зырян, архив которого находится в одном из монастырей Швейцарии».

Иногда я задавал себе вопрос, откуда в ПС такой кладезь человеческой мудрости и находчивости. Было время, когда мне казалось, что это результат серьезного и скрупулезно отношения к сути любых вещей. Наверное, маленькая доля правды в этом есть. Однако однажды я неожиданно понял, что это все у него природное, идущее от корней великой народной культуры и родительских генов. А понял я это, когда как-то в походе услышал аналогичные неожиданное суждения его дочери Натальи Павловны.

Люди, с которыми ПС имел дружеские отношения, всегда для него были особенными. Я никогда не слыхал, чтобы о ком-то из них он говорил плохо, даже о тех, кто, не всегда понимая его, отдалялись. Впрочем, это были единичные случаи. Люди тянулись к нему, и, раз узнав ПС, они навсегда оставались дружны с ним. Дружба с Павлом Степановичем ко многому обязывала, но никогда не тяготила, поскольку все самые трудные обязанности, возникающие в разных случаях, он всегда умудрялся брать на себя. Для ПС все друзья были одинаково дороги, будь то ученые с мировым уровнем, такие как Н.В. Тимофеев-Ресовский, В.П. Силин, А.А. Рухадзе, или менее маститые – Г.Г. Талуц, Л.Я. Кобелев, А.П. Степанов, и многие другие. Со всеми он общался одинаково ровно. Его отношения с друзьями можно назвать самоотверженными. Приведу один пример.

Жили мы в тяжелое время, все было дефицитом, начиная от самых мелочей до крупных вещей, обходиться без которых было трудно. Однажды ПС поехал в командировку в Москву. По заведенным в то время традициям, командированные ученые посещали наряду с культурными заведениями, разные торговые точки (конечно же, в «свободное от работы время» – подтвердит каждый!), чтобы привезти семье тот или иной дефицит, например сливочного масла, батарейку для часов..., мало ли что еще нужно было семье. У каждого командированного были для этих целей излюбленные места. Были они и у ПС. Зайдя в один из находящихся на его территории обхода магазин, он вдруг уведел (современным молодым людям, пусть даже они ученые, скорее всего смысл дальнейших строк будет не доступен), что там совершенно свободно, без всякой предварительной очереди и записи продается холодильник ЛИГА. ПС знал, что у меня нет не только ЛИГИ, а вообще никакого холодильника. Он мгновенно принял решение о его покупке. А однажды утром (я тогда был в командировке) в дверь моей квартиры постучали и в сопровождении ПС внесли холодильник. Обо всем этом мне потом рассказала моя жена Тамара Александровна. Теперь представьте себе, какими качествами должен обладать человек, чтобы совершить такой поступок, и каких невероятных усилий он требовал для его реализации. Ведь торговый сервис в то время укладывался в простую формулу: «купил – отвали». Поэтому сделать надо было немало: купить этот холодильник, привезти на вокзал, оформить и отправить его багажом, а потом в Екатеринбурге при поступлении товара на товарную станцию надо было его получить, найти машину и привезти на квартиру. Это лишь отдельный пример тех удивительных действий, которые ПС предпринимал по отношению к своим друзьям. Конечно, друзья ПС старались платить ему тем же.

Павел Степанович всегда был дружественно ироничным. Он часто подшучивал над друзьями. Его шутки всегда были точными, никогда не были ни обидными, ни пошлыми.

ПС знали по всей нашей необъятной стране все, кто так или иначе занимался кинетикой. Однажды к нему обратился Изяслав Чайковский из Кишинева, написавший диссертацию по безизлучательным переходам в полупроводниках. Диссертация ПС понравилась, и он оказал Чайковскому поддержку. Как водится, после защиты, которая проходила в Свердловске, Чайковский организовал банкет и пригласил на него ПС и меня. На банкете верховодил известный философ из Уральского государственного университета. Философ сыпал остротами и писал на салфетках стихи-экспромты, с явной «пошлятиной». Зачитав один очередной стих, он вдруг обратился к ПС: «А вы так можете?». ПС не стал изображать из себя хазинского Евгения Онегина и не полез в карман за перчатками. Он спокойно, но достаточно быстро взял салфетку и, изобразив на ней интеграл по замкнутому контуру (с ответом, конечно), спросил: «А вы сможете вот так?». Затем в ответ на недоуменный взгляд философа заметил, что все зависит от точки зрения и поэтому то, что кажется удивительным одному – может не казаться другому. Тем самым ПС абсолютно необходимым способом быстро пресек пошлость.

Мудрый, рассудительный, тонко понимающий не только физические теории, но и житейские ситуации, он всегда находил неожиданные и нестандартные решения тех или иных проблем.

Вот несколько примеров. Однажды семьи Павла Степановича, Адольфа Петровича и моя поехали отдыхать на озере Иткуль. Мы расположились в лесу на берегу этого живописного озера и уже предвкушали прекрасное время препровождения, поскольку было тепло, ярко светило солнце, пахло поспевающей земляникой и ничто не предвещало, что назавтра резко все изменится. Тем не менее все действительно изменилось: ночью пошел дождь, температура резко упала до  $10^{\circ}\text{C}$  и на протяжении примерно 10 дней солнца не было видно, да к тому же непрерывно моросил противный мелкий дождь. Даже у костра сидеть не хотелось, хотя мы все мерзли. Хотелось забраться в палатку и лежать, не высывая носа. Ясно, что это был тупик. Но на следующее утро я услышал, что что-то шлепнулось в воду озера и вода забурлила. Видимо, эти звуки донесли

и до остальных. Все вылезли из палаток и увидели выходящего из озера ПС. Подмигивая и шутя, он тщательно вытер лицо и голову и, как был в плавках, так и пошел в лес. Вернулся он примерно через час, неся в чем-то, сооруженном из подручных средств (он мастер был на всякие изобретения), какие-то непонятные грибы-пээсовики. Лицо его сияло, и он заявил, что знает, как нам дальше жить, и что нам сильно повезло, что не жарко и не кусают всякие слепни, так что можно ходить налегке (он имел в виду плавки), не опасаясь кровососущих. Далее он выразил удивление, что мы



Хороший улов

так тепло одеты, а вот он в плавках и ему не холодно и даже комфортно. Видя наше недоверие, он предложил всем искупаться и ощутить то же блаженство, которое ощущал он сам. Авторитет ПС был непререкаем и постепенно каждый из нас искупался. Каково же было наше удивление, что после этого мы примерно половину дня ходили по лесу и берегу озера в южно-курортном одеянии. Мы делали все, что хотели, и незаметно пережили непогоду.

Вот другая любопытная история. Возвращались мы как-то из леса, зная, что на станцию Сагра скоро прибудет электричка, на которой мы должны будем уехать в Свердловск, да по какой-то причине замешкались. Бежим, как говорится, высунув язык, и вот с горы уже видим, что электричка подходит к станции. Стало ясно, что мы на неё не успеваем. Тут ПС замедляет бег и произносит: «А что бежать, ведь если мы и опоздаем, то на с-а-а-а-ую малость». Мы расхохотались и пошли спокойнее и действительно опоздали на самую малость. Тогда я впервые осознал, чем иногда бывает эта самая малая малость.

Однажды в лесу мы нашли голову только что убитой кем-то рыси. Со временем из нее мог бы получиться интересный предмет, но в таком виде домой не понесешь. ПС принимает мгновенное решение: прислоняет голову к муравейнику и несколько сверху маскирует ее листьями, заявляя, что через неделю они ее отполируют (они – это муравьи). Он оказался полностью прав и получил великолепный череп великолепного зверя. Правда, куда он делся потом, я не знаю. Скорее всего, он подарил его кому-нибудь. А подарки дарить он любил. Я помню, если он заходил по какой-либо причине ко мне домой, он обязательно что-то приносил, всегда сопровождая свой подарок шуткой. Так, однажды он достал хорошо отполированный кусок яшмы и сказал, что отдает его мне, поскольку не привык держать камень за пазухой.

В нашу молодость научный сотрудник должен был обязательно часть своего рабочего времени или досуга потратить на помощь сельскому хозяйству. Часто все лаборатории института выезжали в колхозы. Сейчас, наверное, не все молодые люди знают, что это такое. А в наше время мы «четко знали», что это тот передовой край, на котором идет построение светлого коммунистического общества. И в этом случае ПС оказывался душой общества. Так он залазил на самую верхнюю полку одного из вагонов отправляющегося на поля поезда и оттуда провозглашал: «Так, дорога у нас длинная, дела нас ждут серьезные, поскольку мы с вами являемся участниками очередной битвы за урожай, который вновь оказался небывалым, но природа опять принесла нам неожиданные сюрпризы. Не дадим, как всегда, неожиданным превратностям погоды сорвать нам битву за урожай. А чтобы правильно все сделать на поле, сейчас мы проведем политинформацию и посмотрим, не козни ли это империалистов и их прихвостней китайских ревизионистов. Так, посмотрим, что пишет по этому поводу журнал «Хунцы» – он начинал шуршать газетными листами, которых у него была целая кипа.. Все это произносилось с величайшей серьезностью, но это никого не обманывало, и все мы безудержно смеялись. Конечно, это всего лишь воспоминания. Скорее всего, произносимые ПС слова звучали несколько по-иному. Но за основной их смысл с тонкой юмористической подоплекой, за весь дух той обстановки я ручаюсь.

ПС любил родные края, он помнил свою деревню и, хотя там никого к тому времени из родственников не осталось, его тянуло туда и часто в выходные дни он с друзьями навещал эти места. Однажды в таком походе ПС говорит мне:

«в этой деревне живут одни Зыряновы». Затем спрашивает: «А знаешь почему?». И на мое неопределенное мычание сам же отвечает: «Потому что здесь раньше жило племя зырян». Его замечательная жена Валентина Михайловна, прекрасно образованная и не довольная таким произвольным, хотя и шуточным, толкованием происхождения фамилии, основанном лишь на созвучии слов, выговаривает ему: «Ну что ты такое опять выдумываешь?». А ПС, поворачиваясь ко мне и хитро подмигивая, говорит: «Это она боится, что вдруг во мне проснутся дикие нравы зырян». Вообще постороннему человеку часто было трудно понять, когда ПС говорит серьезно, а когда шутит. Лицо его постоянно было доброжелательно ироничным, даже когда он дремал. Павел Степанович любил людей, и люди тянулись к нему. Он любил природу, туристические походы, ночевки у костра, отдых в диких условиях вместе с семьей с друзьями. Любил забираться в далекие уголки нашего севера. Я помню, как он с упоением рассказывал о поездке в окрестности оз. Красноселькупск. Все что он ни делал, начиная от науки и обучения студентов и заканчивая каким-нибудь приспособлением на рюкзаке, все это было на высоком научном, педагогическом или техническом уровне. Туристическое снаряжение у него всегда было продумано и всегда включало удобные элементы его изобретений. Когда он ловил хариуса в районе Красноселькупска, он придумал, конечно, новое приспособление (не буду описывать), и сам же дал ему название «баялда». Мы с С.В. Жаковым увековечили этот бренд, написав ему на юбилей стихи, которые кроме всего прочего содержали такие строчки.

Закончив умные занятия,  
Он едет к Северу в объятья.  
Там в речке с чистою струей  
Он ловит рыбу баялдой.

Он был организатором походов по окрестным местам Екатеринбурга. Больше всего мы полюбили Сагру. Шли от станции в ту или иную сторону километров десять. Дойдя до заранее намеченного места, варили чай, невероятные похлебки и на притяжении многих часов вели беседы («трёпы») на разные научные и общечеловеческие темы.

Павел Степанович любил выстраивать доказательства тех или иных явлений и идей и для всего находил объяснения. Он, например, знал, как сделать так, чтобы молоко на костре не пригорало, с чем лучше есть собранную землянику – с молоком или сливками, как лучше ходить за молоком в соседнее село через гору или вокруг горы и т.п. Все это было обдуманно и апробировано. Он научил нас, как без усилий сделать закопченный котелок новеньким. Как известно, котелки были алюминиевые и после первой варки чая на костре они становились настолько чумазыми, что, казалось, отчистить их можно, только сняв вместе с копотью слой алюминия. ПС нашел другой способ. После того как костер становился малодымным и довольно жарким, ПС ставил пустой котелок на угли. Сажа сгорала, и котелок становился как новенький. Но он часто увлекался, объясняя нам что-то. Именно в одном таком случае сгорела не только сажа, но и сам котелок.

Зачастую его объяснения явлений были полностью шутивными. Как-то в 60-е годы намечилось большое переселение ученого люда из Екатеринбурга в Москву и её окрестности. ПС объяснил это явление возникшим градиентом интеллекта.



П.С. Зырянов на семинаре у Н.В. Тимофеева-Ресовского в Миассово

Согласно известным физическим теориям, поток вещества направлен в ту сторону, где его концентрация ниже. Таким образом, выходило, что если ученые уезжают в окрестности Москвы, то там плотность интеллекта меньше, чем на Урале.

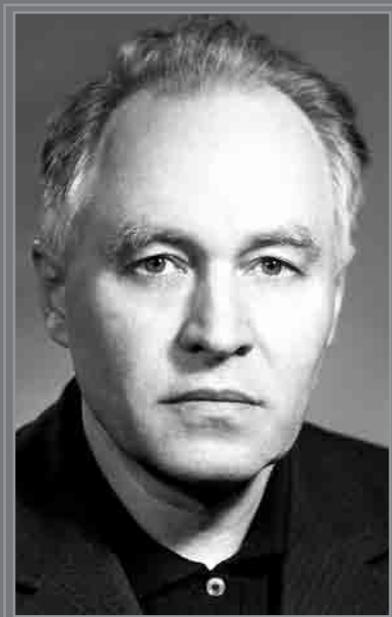
ПС не только сам любил делать всякие придумки, он искренне радовался и смеялся, когда на таком поприще отличался кто-то другой. Так, я помню, как однажды с нами в лес пошёл Б.Х. Ишмухаметов. У него был неплохой голос (возможно, и сейчас не хуже – давно не виделись). Перевалив за гору Толстик на Сагре, Борис Хакимович стал во всю мощь своих легких напевать арию Фигаро, поменяв имя основного персонажа на имя Сидоров. По всему лесу разносилось звонкое: «Сидоров здесь, Сидоров там...», что очень веселило Павла Степановича. Это не было насмешкой над нашим известным заместителем директора, а скорее похвалой его непростой деятельности.

Силен ПС был и в словообразованиях. Всем известны его знаменитые словечки «труха», «жолтемен», «модемуазель», «минеральный секретарь» и многие другие. В свое время я подарил ему специальный алфавитный альбом, в который внес выражения, уже ставшие крылатыми, и попросил продолжить эту традицию.

К сожалению, как и многие яркие личности, Павел Степанович ушел от нас в расцвете своих научных идей и общечеловеческих качеств.

Даже сейчас очень трудно читать выписку из приказа института о том, что с 24 марта 1974 г. Павла Степановича надо считать выбывшим из списка Института... Да, по трагическим обстоятельствам он очень рано выбыл из списка института, но до сих пор не выбыл и, я надеюсь, не выбудет из памяти тех, кто его хорошо знал.

*Б.Н. Филиппов*



## Юрий Павлович ИРХИН: ФИЗИКА И ЖИЗНЬ

Юрий Павлович Ирхин (1930 – 2008 гг.) родился в Саратове (затем он до конца жизни вспоминал любимую Волгу). Детство было трудным: оно совпало с суровыми годами Отечественной войны и разрухи. В черновике своей последней автобиографии (2007 г.) он написал: «Это повлияло на выбор профессии, которая должна была быть противопоставлена войне. В результате я оказался на физфаке».

Юрий Павлович окончил с отличием Саратовский университет (1948 – 1953 гг.), где под руководством М.А. Ковнера выполнил первые научные работы по электронным спектрам молекул. Затем он пробовал поступить в аспирантуру МГУ, но был провален на вступительном экзамене, и вовсе не из-за недостатка знаний – время было такое, сталинское. Поэтому он поехал в Свердловск и поступил в аспирантуру (и одновременно на должность лаборанта) в Институт физики металлов, чтобы затем на протяжении всей дальнейшей жизни проработать в нем – в отделе теоретической физики, к которому относился с патриотизмом. Он проработал на всех должностях – от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией теории переходных металлов.

На первых этапах ему очень помогло сотрудничество с С.В. Вонсовским и Е.А. Туровым. В 1957 г. защитил кандидатскую диссертацию по физическим свойствам магнитных полупроводников, а в 1967 г. – докторскую диссертацию, посвященную взаимосвязи электрических и магнитных характеристик твердых тел. Все свои способности Юрий Павлович обращал на научные исследования и никогда не стремился к административной карьере и званиям.

Еще в годы аспирантуры обозначилась тема, ставшая одной из основных в научной деятельности Юрия Павловича, – связь между электрическими и магнитными свойствами магнитоупорядоченных кристаллов. Им были объяснены аномалии электропроводности в ферритах и антиферромагнитных металлах и полупроводниках вблизи температуры Кюри. В эти же годы он принимал участие и в работах по магнитоакустике сред

с магнитным упорядочением, занимался изучением рентгеновских спектров переходных металлов.

Работы Ю.П. Ирхина, посвященные электронному спектру и кинетическим явлениям в магнитных кристаллах, особенно микроскопическая теория аномального эффекта Холла в ферромагнетиках, получили признание мировой научной общественности. Эти результаты легли в основу его докторской диссертации (1968 г.).

Дальнейшие исследования Ю.П. Ирхина были посвящены вопросам магнетизма коллективизированных электронов, механизмам магнитной анизотропии и магнито-стрикции высокоанизотропных магнетиков на основе редких земель. За работы по редкоземельным соединениям [1] Юрию Павловичу в 1984 г. в составе коллектива авторов была присуждена Государственная премия СССР.

Кроме того, был выполнен ряд работ по многоэлектронной модели Хаббарда [2]. Еще один цикл работ посвящен зонному магнетизму и влиянию особенностей плотности состояний на электронные свойства. В последние годы Юрий Павлович занимался теорией локальных магнитных полей в твердом теле и связью между магнитной анизотропией и сверхтонкими полями на ядре.

Всего им опубликованы около 100 оригинальных и обзорных статей в ведущих советских, российских и международных журналах. Очень много внимания Юрий Павлович уделял работе над монографией по электронной структуре и физическим свойствам переходных металлов [3]. Помимо классических проблем физики твердого тела в применении к переходным металлам рассмотрены современные достижения в теории электронных корреляций. В 2007 г. вышло английское издание этой книги [4], над корректурой которой он работал уже тяжело больным, второе русское издание было посмертным...

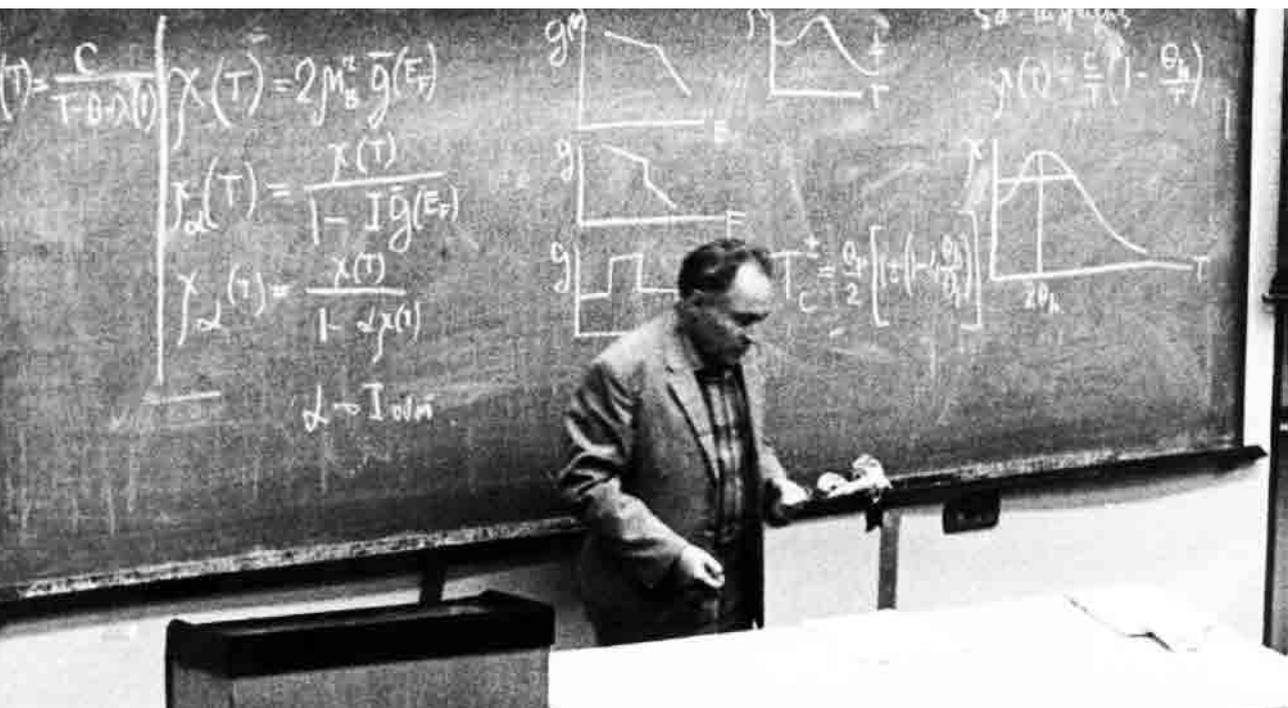
Ю.П. Ирхин вел научно-педагогическую работу: читал лекции в Уральском политехническом институте им. С.М. Кирова и Уральском государственном университете им. А.М. Горького, подготовил шесть кандидатов наук. Он активно участвовал в организации школ по физике твердого тела, проводимых у нас в стране и за рубежом.

Семинары, проводимые Юрием Павловичем в ИФМ, отличались доброжелательной атмосферой и физической ясностью. Сам он предельно тщательно и ответственно готовился к научным докладам и выступлениям на конференциях. С зарубежными коллегами он нередко общался на их родных языках, которые освоил самостоятельно. Последние доклады на международных конференциях в Москве и Ижевске в 2006 г. он делал уже совсем больным, с высоким давлением, однако никому не позволил заметить это: полностью выложившись, лишь молча улыбался.

Юрий Павлович был необычным, очень привлекательным, деликатным и отзывчивым человеком. У него было много друзей – и в Свердловске, и среди ученых других городов (особенно в МГУ), и за рубежом. Первые годы жизни на Урале, несмотря на нелегкие условия (скитания по общежитиям и частным квартирам), дом всегда был полон гостей.



Юрий Павлович в 1950-е гг.



На семинаре

Помимо преданности науке, Юрий Павлович обладал широким кругом увлечений. Ему нравилось заниматься фотографией, любительской киносъемкой. В ИФМ он активно участвовал в постановках самодеятельных опер, о которых ныне живут легенды. Он любил живопись, особенно импрессионистов, и серьезную музыку (как классическую, так и современную – например Шнитке). Среди его друзей были не только физики, но и музыканты, художники. А в зарубежных поездках он, не жалея, тратил считанные-пересчитанные деньги на альбомы по искусству. Впрочем, Ю.П.Ирхин не только собирал репродукции, но и сам рисовал углем, пастелью, масляными красками.

На протяжении всей жизни Юрий Павлович Ирхин, не обладая должными физическими данными, но упорно преодолевая себя, занимался разными видами спорта (боксом, баскетболом, лыжами, плаванием). Еще в Саратове перед ним открывалась карьера профессионального шахматиста (в то время весьма престижная): он уже имел звание кандидата в мастера, а его другом и партнером был будущий знаменитый гроссмейстер и шахматный психолог Н.В. Крогиус. Однако Юрий Павлович выбрал физику. Впрочем, интерес к шахматам он сохранил на всю жизнь, видя в этой игре адекватную по степени абстракции и богатству модель физической реальности.

Пожалуй, главным мотивом и источником активной деятельности Ю.П.Ирхина был постоянный интерес к окружающему миру. Он умел увлечь своими интересами коллег и близких – и наукой, и всем остальным. При этом не ограничивался красивыми словами и образами, но всегда стремился довести дело до материального результата, на который можно было посмотреть, пощупать руками – сам

рисовал, фотографировал, пробовал играть на гитаре. В последние годы жизни главным коньком стала «практическая» минералогия – он сам собирал камни на месторождениях Урала, резал и шлифовал их.

Несмотря на свою деликатность, Юрий Павлович был тверд в этических оценках и полностью независим в суждениях. Его мировоззрение, на первый взгляд вполне материалистическое, на самом деле была очень глубокое, ничуть не опирающееся на официальную советскую идеологию.

Из воспоминаний Е.В. Розенфельда, многолетнего ученика и сотрудника Ю.П. Ирхина:

Юрий Павлович сильно отличался от большинства людей, с которыми я общался. Он был человеком абсолютной честности и абсолютной порядочности, но несколько этим не гордился и никого не призывал тоже быть честными и порядочными. Он был человеком чрезвычайно умным и проницательным, но никого этим не подавлял и вел себя со многими людьми очень просто, чуть ли даже не застенчиво. Иногда он мне казался человеком не вполне от мира сего, скажем, когда совершенно одинаково мягко и благожелательно разговаривал с уборщицами и академиками, или когда я понял, что он недолюбливает телефон и ему проще пройти в другой конец здания по длинным институтским коридорам, чем поднять трубку и позвонить туда.

Но больше всего выделяла Юрия Павловича среди других людей одна удивительная и не сразу бросающаяся в глаза особенность. Он всегда говорил (если, конечно, говорил) в точности то, что думал, и если он считал необходимым что-то высказать, то высказывал это, не считаясь с возможными для себя последствиями. Еще более удивительно то, что и действовал Юрий Павлович в полном соответствии с классической максимой «Делай что должно, и будь что будет». Большое видится на расстоянии, и отчетливо сформулировать эту мысль я смог только наблюдая в конце 80х, как академик Сахаров тихо и почти невозмутимо высказывает свое мнение беснующейся толпе депутатов. Юрий Павлович, конечно, государственных вопросов не решал, но мне кажется, что иногда чем мельче проблема, тем труднее при ее решении не отойти ни на йоту от своих принципов. Ну, вот простейший пример. Много раз Юрий Павлович повторял, что исключительно важно принципиально относиться к рецензированию, а главное – к оппонированию. Этой работе он уделял очень много времени, и даже какой-нибудь рецензией на статью мог заниматься несколько дней, не говоря уж о диссертациях. Он был совершенно уверен, что плохие работы пропускать нельзя: любой прошедший наверх карьерист потянет за собой лавину себе подобных, и в науке воспрепятствовать этому будет особенно трудно. Поэтому все рецензии Юрия Павловича были всесторонне взвешенными, глубоко обдуманными и иногда крайне нелицеприятными.

Еще один пример. Очень вскоре после того, как мы пришли в его группу, Юрия Павловича пригласили с докладом на конференцию в Голландию, и там за этот доклад ему дали немного денег. Мы к тому времени наработали совсем немного, и в число авторов не входили, хотя результаты каких-то наших расчетов Юрий Павлович в доклад включил. Поэтому он посчитал себя обязанным часть денег потратить на нас, и каждому купил там (за валюту в начале 70х!) часы.

В научной работе у Ю.П.Ирхина был свой оригинальный стиль, основанный на собственных убеждениях: авторитеты в физике (как и в любой другой области) для него мало что значили. Впрочем, образцом служил индуктивный метод Нью-



Е.В. Кузьмин, Е.А. Туров, В.И. Гребенников, Ю.П.Ирхин

тона. Юрий Павлович любил повторять: «Примеры полезнее правил». Он говорил о необходимости делать принципиально новое, старался выбрать фундаментальную проблему высокого ранга – независимо от моды и конъюнктуры – и считал это самым важным пунктом, который нужно обсуждать.

Хотя Ю.П. Ирхин был физиком-теоретиком, его характерным научным стилем было настоятельное стремление связать любую теорию с экспериментом или сформулировать задачу для экспериментальных исследований; математических «упражнений» он избегал. Он много и тесно общался с экспериментаторами, которые, как и его ученики, всегда платили ему взаимными уважением и любовью.

Юрий Павлович постоянно стремился к полной ясности физических результатов, предъявляя высокие требования к их качеству. Он говорил: «Если ты не способен изложить свой результат за пять минут, значит у тебя его нет». Его принципиальность как рецензента была широко известна: на компромиссы в науке он не шел – «провести» через него слабую работу было невозможно. Требуя от своих учеников доведения окончательных результатов до простых и наглядных формул, он применял этот критерий и к любой статье, своей или чужой.

Каждый день он начинал с того, что исписывал несколько листов формулами, а вторую половину дня посвящал обсуждениям с сотрудниками. Падение научной продуктивности с возрастом он переживал тяжело.

Юрия Павловича волновали и общие проблемы мироздания. В записных книжках и черновиках, даже между страниц с формулами и вычислениями сохранились его философские размышления о судьбе и свободе, эволюции, жизни и смерти [5].

На фоне богатой внутренней жизни с этих страниц проступает трагическое ощущение окружающей советской реальности.

Кому нужны твои шедевры,  
Чему отдал ты столько сил?  
Ты не последний и не первый  
Средь тех, кто заблужденье жил.  
Ты им хотел вручить всю душу,  
Сулил манящие миры...  
А им нужны лишь маляры.

Ю.П. душою болел за судьбу науки, ясно видя невозможность творческой реализации способных людей в условиях царящей несправедливости. Он давал достаточно нелицеприятные резкие оценки советской академической науке в ее негативных тенденциях, что в полной мере проявились через двадцать с лишним лет.

...Так или иначе, место освободилось, и оно должно быть заполнено во благо науки и государства. Вместо этого почтенные академики решили устроить какой-то бедлам на этом общем собрании. Может быть, они думают - казна так богата, что мы можем платить деньги всяким подозрительным типам, которые любят распространяться о свободе науки, а сами непрочь поживиться академическим окладом. (Из черновика пьесы «Африканская история»)

Особое место занимают мысли о проблемах биологии и общества, о судьбе и свободе, эволюции, жизни и смерти. Еще в 1950 – 1960 гг. Юрий Павлович вместе с друзьями посещал семинары Н.В. Тимофеева-Ресовского по эволюционной генетике в УФАНе, пытаясь перенести выводы Николая Владимировича на свою научную область (он отмечал, что Тимофеев-Ресовский умел говорить на языке, понятном для физиков).

В черновиках можно найти и лирические стихи (Юрий Павлович любил поэзию, особенно ценил Маяковского за оригинальную форму и рифму).



Остановка в пути



За грибами



На рыбалке

Я беднее, чем самый последний нищий,  
У которого нет ни крова, ни пищи.  
И, кроме того, нищих – тыщи,  
А меня – где еще сыщешь.

Много прочитав в детстве и молодости, в зрелые годы он старался действовать собственным разумом, не доверяя чужим концепциям. Его острый интеллект, честно сомневающийся во всем, упорно искал выхода и решения вечных вопросов с помощью любимой физики. К сожалению, времени и сил исследовать проблемы, ставшие актуальными после перестройки, ему не хватило...

В последние годы, омраченные тяжелой болезнью, Ю.П.Ирхин не прерывал напряженной работы в науке, пожалуй, даже в ущерб остальной жизни. Он с горечью чувствовал, что это становится делать все труднее – не хватало сил, от любого напряжения болела голова. Однако он до последних дней считал своим долгом участвовать в дискуссиях по физике с коллегами, сохранял ясный ум и большое чувство юмора, хорошо играл в шахматы, удивлял близких своими тонкими и парадоксальными оценками.

Юрий Павлович любил повторять: «Физика – это свобода». Есть у него и такая запись: «Теоретическая физика – это такая специфическая область человеческой деятельности, которая позволяет человеку сохранять молодость до старости, оставаться ребенком всю свою взрослую жизнь. В самом деле, кто еще, кроме детей, способен заниматься такой бесполезной наукой».

Маленький мальчонка на крыльце сидит.  
У него печальный и счастливый вид.  
Он грустит немного по ушедшим дням,  
Старенькая улица от домов тесна,  
Мальчиком любитесь небо и весна.

И еще из записной книжки: «Науки нет, есть только человеческие отношения».

*В.Ю. Ирхин*

### Список литературы

1. Ирхин Ю.П. Электронное строение 4f-оболочек и магнетизм редкоземельных металлов // Успехи физ. наук, 1988, Т. 154, С. 321–333.
2. Irkhin V.Yu., Irkhin Yu.P. Many-electron operator approach in the solid state theory // Phys. Stat. Sol. (b), 1994, Vol. 193, N 1, P. 9–58.
3. Ирхин В.Ю., Ирхин Ю.П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f-металлах и их соединениях. Екатеринбург: УрО РАН, 2004, 472 с.; Ижевск, 2008, 476 с.
4. Irkhin V.Yu., Irkhin Yu.P. Electronic structure, correlation effects and properties of d- and f-metals and their compounds. Cambridge International Science Publishing, 2007, 452 p.
5. Ирхин Ю.П. Попутные записи // Вестник УрО РАН, 2009, N3 (29), С. 118–121.

---

# Герман Германович ТАЛУЦ

Герман Германович Талуц родился в 1928 г. в Свердловске в семье служащих. Его отец, Герман Степанович, родом из деревни Зубры, что на Беловежье, на границе Белоруссии и Польши. До революции, в возрасте 20 лет, Степан Германович учительствовал в церковно-приходской школе в Гродненской губернии, затем был призван в армию. Впервые на Урале он оказался в 1918 г. в результате событий гражданской войны – их часть Красной армии проходила здесь переформирование. Красота, самобытность, и перспективы жизни уральского края покорили молодого человека. После гражданской войны, он вернулся на Урал, закончил Индустриальный институт – УПИ и работал инженером-лесотехнологом в районах области, в Уралгипрозе, Уралгипрошае, преподавал в Уральском лесотехническом институте. Мать – Валентина Игнатьевна Талуц (Шарапова), выпускница Екатеринбургской гимназии, затем училась в горном институте и университете. Её предки, старообрядцы из Вятской губернии, переселились в Екатеринбург во второй половине XIX в.

Из исторического опыта известно, что за любыми революциями и гражданскими войнами как «локомотивами истории» и социальными сумасшествиями следуют горькие и трагические события репрессий и они, почти без исключения, касаются всех граждан. Коснулись они и семьи Талуцев, в 1935 г. отец, Герман Степанович, был арестован и обвинён в антисоветской деятельности – статья 58-я, пункт 6-й. Его отправка с платформы не состоялась только по причине нехватки вагонов для арестованных, по алфавитному списку. По счастливой иронии судьбы он был в числе других отпущен домой ожидать своей участи. Судьба распорядилась амнистией от нового министра НКВД – предыдущий палач легко разделил судьбу своих жертв. После такого у человека происходит психологический слом, и честолюбивые научные замыслы бывшего молодого преподавателя, лишённого при аресте гражданских прав и паспорта, так и остались не реализованными – вернуться бы к нормальной жизни.

Школу юный Г.Г. Талуц окончил в 1946 г. На весь миллионный военный времени Свердловск было толь-

---





Он был не только теоретиком



П.С. Зырянов, А.Н. Орлов, Г.Г. Талуц, В.М. Елеонский

ко по два восьмых, девятым и десятым класса. Подавляющее большинство школьников после семилетки шли на заводы к станку – ковать победу Великой Отечественной, и тем более по рабочей карточке давали 800 граммов хлеба, а иждивенцам, к которым относились школьники – 400. Это была 9-я (до революции и ныне) гимназия, школа в которой собирали всех, продолжавших учёбу дальше. В том же году он поступил на физико-математический факультет Уральского университета, и, активно занимаясь наукой, возглавляя студенческое научное общество, в 1951 году с отличием закончил университет. Следует отметить, что ещё студентом, в конце сороковых годов, он опубликовал в университетском сборнике работу «Динамика свободной точки переменной массы». Даже из названия работы видно, что она имеет отношение к механике космических аппаратов. Работы этой тематики в тот период были под грифом. Казалось, что это фантастика, но до первого советского и общеземного спутника оставалось каких-то семь лет! В том же году Герман Талуц был принят в аспирантуру Института физики металлов к Сергею Васильевичу Вонсовскому. После окончания аспирантуры он около трех лет работал лаборантом, затем младшим научным сотрудником теоретического отдела, учась у маститых теоретиков института. В 1959 г. он защитил кандидатскую диссертацию по теме «Некоторые вопросы квантовой теории коллективных движений в твёрдом

теле». Широта научных интересов Талуца была весьма велика. Иллюстрацией является его работа в соавторстве с Н.В. Лучником и Ю.М. Плишкиным по механизму формирования спиральной структуры ДНК. Это были ещё весьма животрепещущие идеи и факты от «свежих» нобелевских лауреатов Л. Полинга, Ф. Крика и Дж. Уотсона. Забегая вперёд можно сказать, что и в весьма зрелом возрас-

те он не утратил способности к восприятию и участию в новом. Он занимался теоретической физикой, но был и естествоиспытателем (примером может служить работа по изучению влияния высокого давления на выживаемость одноклеточных микроорганизмов, выполненная с биологами Уральского университета).

Если просмотреть список его основных публикаций, то можно сделать вывод о работоспособности и широте интересов. В начале научной деятельности это работы, выполненные в основном с П.С. Зыряновым по квантовой теории электронного спектра возбуждений в кристалле. Было предсказано необычное поведение экситонного спектра в электрическом поле по сравнению с обычным эффектом Штарка свободных атомов. Далее следовали работы по особенностям распространения акустических волн в металлах, обусловленных электрон-фононным взаимодействием. Был выполнен анализ неоднородностей электрических токов, возникающих при распространении звука и эффектов акустической неустойчивости. Вычислены и «доведены до числа» разность температур между узлами и пучностями в стоячей акустической волне и изломы на вольт-амперных характеристиках некоторых металлов. Замечательно, что эксперименты, проведенные также в ИФМе, подтвердили теоретические расчёты. Затем написаны работы по рассеянию рентгеновского излучения металлами из семейства урана, в 1960 – 1970-е гг. – цикл работ по упругим свойствам кристаллов, содержащих дислокации и примесные атомы. Тогда же создан ряд работ по магнитоупругим явлениям в магнетиках. Докторская диссертация на тему «Исследование по теории ангармонических эффектов в кристаллах» успешно защищена в 1976 г. В докторской диссертации им был развит общий подход к решению широкого класса задач, связанных со слабым ангармоническим взаимодействием упругих волн в кристаллах.

В 1981 г. Герман Германович, уже будучи заместителем директора института по науке, возглавил отдел высоких давлений. В то время отдел состоял из нескольких лабораторий, научная тематика которых заключалась в изучении влияния высокого давления на физико-механические свойства твёрдого тела. Решались и инженерно-технологические задачи, в основном это были проблемы гидроэкструзии для объектов разного профиля в сечении. Можно сказать, что на тот момент отдел имел лидирующие позиции по раз-



На первомайской демонстрации.  
И.Ш. Трахтенберг, Г.Г. Талуц



На семинаре  
Н.В. Тимофеева-Ресовского



С директором Института М.Н. Михеевым, 1980-е гг.



Отдел высоких давлений. Юсус Мохаммед, А.М. Пацелов, В.П. Пилюгин, Г.Г. Талуц, 1989 г.



На экзамене

работке и внедрению технологий обработки металлов жидкостью высокого давления. Численность сотрудников отдела достигала 80 человек. Это была «пестрая» смесь как зрелых, так и молодых металлообработчиков – «давленцев», механиков, технологов и инженеров; металловедов, экспериментаторов физиков различных специализаций – магнетизма, полупроводников, прочности и пластичности и теоретиков в этой области. Жизнь в отделе кипела, его раздирали страсти конкуренции в работе, в захвате помещений, оборудования и просто идейного противостояния. Семинары отдела не оставляли никого равнодушными, порой не хватало места для всех желающих присутствовать. Вот в таком беспокойном научном хозяйстве новый заведующий, можно сказать, внедрил свой стиль руководства. Для каждого нашлись нужные слова, которые, как правило, произносились публично на семинарах. Это было своеобразное послание от заведующего к сотруднику в форме оценки его заслуг, перспектив развития, моральной и конкретной деловой поддержки. Талуц давал понять каждому, что в работе он оказывает поддержку и помощь именно ему. В этот период в отдел пришло много молодёжи и некоторые уже сложившиеся учёные перешли в отдел из других лабораторий института. Сформировались группы исследователей по новым для института и отдела научным направлениям, связанным с исследованиями физики солитонов, механических свойств металлов *in situ* под давлением, субмикро- и нанокристаллических структур, инфракрасной оптики и формирования изделий ИК-диапазона. Получили новый импульс в развитии и традиционные направления, такие как магнетизм, структурно-фазовые превраще-

ния металлов и сплавов, технологии гидропрессования ВТСП-порошков под высоким давлением. Это был поистине период конструктивного сотрудничества и успешного решения научных и инженерных задач.

С 1982 по 1991 г. Г.Г. Талуц был заместителем директора института по науке и сделал много полезного на этом поприще. В 1983 г. профессор Талуц, был награждён орденом Дружбы народов, а в 1989 г. за работы в области физики твёрдого тела и конструкционных материалов стал лауреатом премии Совета министров СССР. Следует остановиться на педагогической



Вручение ордена Дружбы народов, 1983 г.

деятельности Г.Г. Талуца, он начал работать в УрГУ ещё в 1960-е гг. Читал на втором и третьем курсах общефакультетские дисциплины: электричество и магнетизм, оптику, а позже на четвертом – ядерную физику и физику элементарных частиц. Его лекции отличались чётким изложением материала, он умел удерживать внимание и интерес аудитории. Как экзаменатора его никогда не отличало стремление «завалить», показать своё превосходство. Напротив, проявлялась моральная поддержка студента, его долготерпение к тугодумам. Эта черта характера, как правило, присуща эрудированным, высокообразованным людям, которые не идут на поводу личных проблем, плохого настроения или комплексов. Как пример высокой ответственности при общении с молодёжью можно вспомнить случай его участия в митинге студентов за достойные условия учёбы и обеспечение стипендиями. Это было, зимой 1998 г., когда студенческие профсоюзы и профсоюзы работников образования организовали общероссийский митинг в поддержку студенчества и высшей школы. Среди студентов, которых «невежливо теснили» органы правопорядка оказался единственный преподаватель – профессор Талуц. На вопрос: Герман Германович, как вы там оказались? Он ответил: «Дети, после моей лекции, дети всем курсом, организованно пошли к дому правительства, я просто не мог оставить их одних!»

Под руководством Г.Г. Талуца было защищено семь докторских и семь кандидатских диссертаций.

Заметна роль Г.Г. Талуца в культурной жизни города, в конце 1990-х гг. он участвовал в создании Уральского отделения лиги защиты культуры в рамках Международной лиги защиты культуры, основанной ещё Н.К. Рерихом и Уральской ассоциации клубов ЮНЕСКО, был много лет активным лектором всероссийского общества «Знание». Нельзя не отметить участие Германа Германовича в культурной жизни института. Он был одним из активнейших авторов самодеятельных «опер», что в те годы давало хоть и весьма иллюзорную, но тем не менее, приятную возможность и себя показать, и власть покритиковать. Во втором аспекте Талуц был незаменим, его «это не поймут» всегда было обоснованным, зато «это пойдет» открывало путь для самых смелых фантазий. Был даже такой специальный термин – «отталуцевать текст».



Герман Германович Талуц

В коротком очерке невозможно показать всё грани такой личности, как профессор Герман Германович Талуц. Без излишней его мифологизации следует отметить, что весьма символично он ушёл из жизни на рубеже веков, 30 декабря 2000 г., как олицетворение эпохи XX века, был и останется в нашей памяти Гражданином, Учителем, старшим товарищем и без преувеличения источником света.

*В.П. Пилюгин*

---

# Юрий Александрович ИЗЮМОВ:

## энергия теоретика

Юрий Александрович Изюмов (1933–2010гг.), всемирно известный ученый, глава научной школы физиков-теоретиков родился и жил в Свердловске.

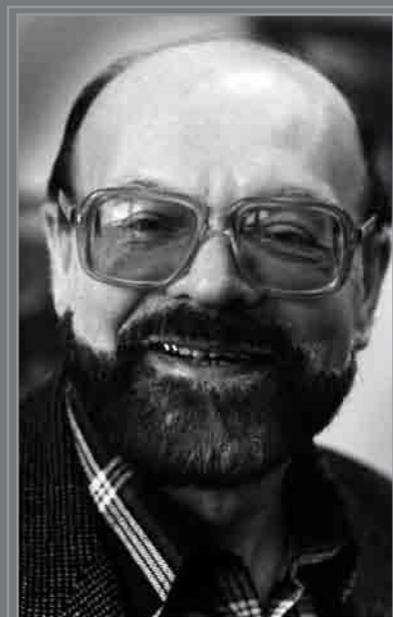
Юра Изюмов с детства интересовался проблемами науки, занимался в минералогическом кружке Дворца пионеров. Окончив школу с золотой медалью, он поступил в 1951 г. на физико-математический факультет Уральского университета. С самого начала учебы талантливый юноша обратил на себя внимание преподавателей: он успешно занимался не только по программе общей физики, но одновременно осваивал и сложные теоретические вопросы, посещая лекции для старшекурсников. Особенно его увлекали проблемы квантовой механики.

Затем Ю.А. Изюмов поступил в аспирантуру при кафедре теоретической физики к С.В. Вонсовскому, ставшему его учителем. После ее окончания в 1960 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Некоторые вопросы спин-волновой теории ферромагнетизма». С 1959 г. и до конца жизни Юрий Александрович работал в Институте физики металлов УрО РАН, куда его пригласил Вонсовский. Он многие годы возглавлял созданную им лабораторию теории твердого тела, преобразованную затем в отдел математической и теоретической физики. В 1967 г. защитил докторскую диссертацию, в 1991 г. был избран членом-корреспондентом РАН, а в 2006 г. – действительным членом РАН.

Самостоятельная научная работа Юрия Александровича началась с развития теории рассеяния медленных нейтронов в магнитных кристаллах. Эта тема была одной из основных для созданной в ИФМ по инициативе С.В. Вонсовского лаборатории магнитной нейтронографии, куда был направлен Изюмов. Используя исследовательский реактор ИВВ-2М, сотрудники лаборатории изучали структуру и динамику сверхпроводящих и магнитных материалов, неупорядоченных кристаллов, в том числе после радиационного воздействия.

Эти исследования нуждались в теоретической поддержке. Ю.А. Изюмовым с сотрудниками были разработаны теоретические основы нейтронографии и нейтрон-

---





На практических занятиях в лаборатории электрических измерений, УрГУ. Май 1953 г.

Слева направо: А.З. Меньшиков, Ф.А. Сидоренко, А.С. Ермоленко, С.Лелянов, С.А. Буравлев, А. Попов, П.Г. Рудоманов, Ю.А. Изюмов

ной спектроскопии магнетиков: создана теория рассеяния нейтронов в магнитных кристаллах с широким использованием магнитной симметрии (аппарата представлен пространственных групп) и предложены эффективные методы расшифровки магнитных структур и спектров магнитных возбуждений. Эти методы широко применяются в нейтронографических центрах по всему миру.

В 1966 г. вышла в свет «Магнитная нейтронография» [1], которая была первой в мире монографией по этой тематике. Она была вскоре переведена на английский язык и стала настольной книгой для многих экспериментаторов. В последующем Ю.А. Изюмов с соавторами написал еще

несколько монографий по вопросам рассеяния нейтронов в твердых телах. На основе разработанного Юрием Александровичем и его учениками подхода в Польше был издан справочник по магнитным структурам с симметричным анализом каждой из них. В 1986 г. Ю.А. Изюмов в составе авторского коллектива удо-



Студенты 2-ого курса физико-математического факультета УрГУ, май 1953 г.

Слева направо: Ютт Макс, А.С. Ермоленко, М.А. Веденеев, И.П. Сорокин, В.О.Есин, Б.А. Чариков, Ю.А. Изюмов, А.З. Меньшиков, А.Попов, Ю.Н. Драгошанский, С.А.Буравлев, Б.В.Карпенко.

В центре – преподаватель Р.П.Зубова

стоен Государственной премии СССР за создание теории рассеяния поляризованных нейтронов на сложных магнитных структурах.

Ю.А. Изюмовым с коллегами был выполнен также цикл работ по теории фазовых переходов в магнитоупорядоченных кристаллах, который обобщен в монографии [2], изданной в Советском Союзе и за рубежом. В частности, Юрий Александрович разработал идею обменных мультиплетов и приложил ее к переходам в магнитных системах.

Большое внимание Юрий Александрович уделял исследованию сверхпроводимости твердых тел. В книге [3], ставшей классической, была в частности проанализирована проблема сосуществования сверхпроводимости и ферромагнетизма. В конце жизни Ю.А. Изюмов вернулся к этой проблеме и совместно с казанскими коллегами развивал теорию F/S-систем, образованных из слоев ферромагнетика и сверхпроводника.

Важным направлением исследований Ю.А. Изюмова была квантовая теория магнетизма. В 1960-х г. в сотрудничестве с М.В. Медведевым он построил теорию магнитоупорядоченных кристаллов с примесями, предсказал квазилокальное состояние в магнетонном спектре кристалла со слабо связанным примесным атомом [4].

Юрий Александрович внес большой вклад и в развитие модельной теории магнитных систем. Еще в аспирантских работах под руководством Вонсовского он исследовал спектр взаимодействующих электронов и спиновых волн в d- и f-металлах в рамках s-d-обменной модели. В конце 1960-х г. совместно с Ф.А. Кассан-оглы и Ю.Н. Скрыбиным был развит вариант диаграммной техники для спиновых операторов, изложенный в монографии [5].

Много сил Юрий Александрович отдал популяризации модели Хаббарда, когда она внезапно приобрела новую актуальность в связи с открытием высокотемпе-



Дедка за репку – «Дед»- Ю.А. Изюмов на уборке урожая с сотрудниками своей лаборатории. Слева направо: О.В. Гурин, М.И. Кацнельсон, В.Е. Найш, В.Н. Сыромятников, Ф.А. Кассан-Оглы



Семинар лаборатории теории твердого тела, 1982 г. Слева направо: М.В.Медведев, М.В. Садовский, В.Н. Сыромятников, В.Е. Найш, Ю.А. Изюмов, О.В. Гурин



Студент 4 курса, 1955 г.

ратурной сверхпроводимости. Он сам активно работал в этой области: занимался разработкой диаграммной техники для X-операторов Хаббарда и ее применением к сильно коррелированным электронным системам.

В последние годы Ю.А. Изюмова успешно сотрудничал со специалистами ИФМ, занимающимися зонными расчетами, особенно в связи с развитием и применением нового подхода для анализа сильно коррелированных систем – динамической теорией среднего поля (DMFT). Результаты этих исследований приведены в монографии [7].

Для стиля научной деятельности Юрия Александровича характерно стремление к обобщению материала во всех областях, где он работал. Он автор 15 монографий, многие из которых переведены и изданы за рубежом, большого числа обзорных работ (в том числе 20 обзоров в УФН) и более 200 научных статей. Разбираясь в какой-то новой для себя проблеме, он стремился передать свой интерес читателю.

Юрия Александрович заражал и увлекал своих сотрудников и коллег своей, казалось, неисчерпаемой энергией. Находясь рядом с ним, было невозможно не работать. Вся лаборатория, штурмуя актуальную проблему, сидела на многочасовых семинарах, которые неоднократно переносились на следующий день. «Пройти» через этот семинар было серьезным испытанием для докладчика. Участники задавали трудные вопросы, стараясь понять любую мелочь. Все это обеспечивало высокую научную продуктивность лаборатории Изюмова.

Еще в 1965 г. Ю.А. Изюмов прошел шестимесячную стажировку в Оксфордском университете у профессора Р. Пайерлса, которую называл самым важным и волнующим моментом своей научной карьеры. С тех пор он поддерживал широкие научные связи с зарубежными учеными, много путешествовал. У него были друзья во многих странах, с которыми он успешно совместно работал и публиковал статьи. Много интересного можно узнать из книги его воспоминаний [8].

Ю.А. Изюмов являлся председателем Объединенного ученого совета по физико-техническим наукам УрО РАН, членом президиума УрО РАН, ряда научных советов, редколлегий отечественных и международных физических журналов.

В течение 25 лет Ю.А. Изюмов был профессором Уральского государственного университета, читал ряд общих и специальных курсов («Ядерная физика», «Полевые методы в теории твердого тела», «Теория сверхпроводимости и сверхтекучести») для студентов физического факультета Уральского университета, а также лекции в университетах США, Германии, Дании, Норвегии, Индии, Китая.

Юрий Александрович любил жизнь во всех проявлениях, умел хорошо отдохнуть, особенно ему нравилось ходить с друзьями-коллегами в веселые походы. В лесу, на сороковом километре Тагильского тракта, они построили знаменитую Избу (см. статью о В.П. Калашникове). Другими увлечениями Юрия Александровича были литература, в том числе русская классика; современная живопись и музыка, записи которой он с увлечением собирал, чтобы слушать вместе с друзьями. Он сам пробовал силы в литературном творчестве. Его многочисленные очерки в популярных изданиях пользовались успехом у знакомых. Несколько публикаций были посвящены вопросам философии науки и ее соотношения с другими видами познания, включая религию.



Лауреат Государственной премии СССР Ю.А. Изюмов



Е.А. Туров, С.В. Вонсовский и Ю.А. Изюмов на Коуровке, 1994 г.



С Кузей на берегу реки Исеть, 2007 г.

Заслуги Ю.А. Изюмова отмечены многими наградами, в том числе орденами Трудового Красного Знамени (1983) и «Знак почета» (2004).

*В.Ю. Ирхин*

### Список литературы

1. Изюмов Ю.А., Озеров Р.П. *Магнитная нейтронография*. М.: Наука, 1966. 532 с.
2. Изюмов Ю.А., Сыромятников В.Н. *Фазовые переходы и симметрия кристаллов*. М.: Наука, 1984. 248 с.
3. Вонсовский С.В., Изюмов Ю.А., Курмаев Э.З. *Сверхпроводимость переходных металлов, сплавов и соединений*. М.: Наука, 1977. 383 с.
4. Изюмов Ю.А., Медведев М.В. *Теория магнитоупорядоченных кристаллов с примесями*. М.: Наука, 1970. 271 с.
5. Изюмов Ю.А., Кассан-оглы Ф.А., Скрябин Ю.Н. *Полевые методы в теории ферромагнетизма*. М.: Наука, 1974. 223 с.
6. Изюмов Ю.А., Скрябин Ю.Н. *Статистическая механика магнитоупорядоченных систем*. М.: Наука, 1987. 264 с.
7. Изюмов Ю.А., Анисимов В.И. *Электронная структура соединений с сильными корреляциями*. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 376 с.
8. Изюмов Ю.А. *Из настоящего – в прошлое и будущее...* Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 298 с.

---

# Валентин Евстигнеевич НАИШ

## Прежде и теперь (о себе и жизни)

Найш Валентин Евстигнеевич. Урождённый – Вздорнов. Фамилию сменил в возрасте 24 лет при регистрации брака с Эммой Найш. Почему сменил? Не очень-то ясно. Фамилия Вздорнов, конечно, родовая, отцов, дедов, прадедов. Но не дворянский же род... И к тому же какая-то в ней есть ущербность...Правильно ли это сделал? С сегодняшней точки зрения скорее всего – нет... Сейчас бы уже не сменил.

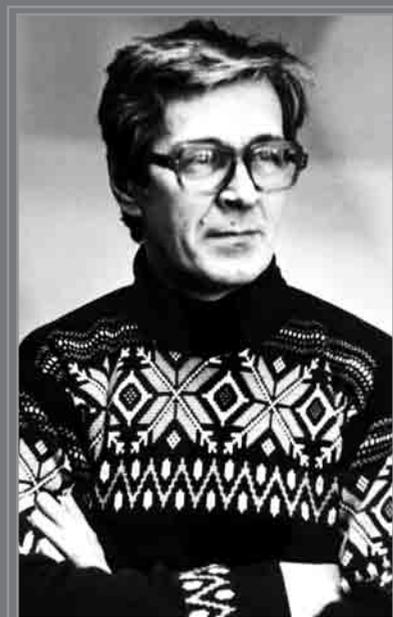
Родился я 7 декабря 1935 г. на востоке Свердловской области в селе Байкалово (районный центр).

Бедность была фантастическая. Не было ничего. Ни еды, ни одежды, ни предметов жизни, ни игрушек, ни обуви, ни кроватей, ни одеял – ничего. Все лето – босиком. И даже странно было бы летом в какой-то обуви... Ведь лето же. И так до снегов. Зимой выбегали на улицу (а ведь и «туалет» был на улице) по очереди, обуви было не на всех. Не знали и не слыхали ни про какую другую обувь зимой, кроме как валенки (пимы), обычно настолько уже затасканные, оборванные, все в заплатках. Одежда – лохмотья какие-то. Спали – на полатах (конечно, без матрацев, на досках, или на «голбце» – дощатом пристрое к русской печи) или просто на печи. Зимой – спали только наверху, внизу же около пола было спать холодно, особенно к утру, когда постепенно остывала печь. На чем спали – сказать трудно. С простынями я познакомился уже в университете. А тогда спали на лопатине. «Лопатина» – собирательное понятие, означающее всякую одежду, лохмотья, старые шубы, тряпки...

Я полгода в первом классе (а это был 1943–1944 гг.) не ходил в школу, потому что не в чем было ходить. Благо, что и ходить-то мне было необязательно, я читал и писал, читал толстые книги, а букварь и чтение по слогам мне было ни к чему. Читать и писать я научился где-то около 5 лет, стены в избе были оклеены газетами, по ним я выучился грамоте и многому всему.

Мы еще не были самыми бедными. У нас хоть что-то в доме было, было даже зеркало, были часы-ходики,

---





С родителями и братьями, 1939 г.

был большой стол, было сколько-то книг; а в некоторых избах было вообще шаром покати.

В школе, во всех классах, я был «интеллектуалом». Я много читал, хорошо учился, никогда не дрался, не играл в футбол, недолюбливал всегда физкультуру.

Все свои уроки я всегда делал сам. Никто никогда меня в учебе не контролировал, не помогал, не объяснял. Да и не кому было. Мать была почти неграмотной. Её никогда не вызывали в школу из-за меня. Она вообще почти не бывала в школе, пока я учился. Точнее, она бывала в школу в войну, когда мы с братом учились в начальных классах – с тем чтобы получить распределявшуюся тогда время от времени среди неимущих материальную помощь. Нет, не деньгами, а, скажем, получала талон на ботинки или валенки. Было тогда даже такое слово «вырешили».

С детства моё самопроизвольное воспитание было весьма в «невосторженном» духе. В окружавшей меня обстановке царил весьма критический дух, непочитание советской власти, вождей, велись очень «свободные» разговоры – я их слышал с самого детства.

И не было вокруг того, что все пишут теперь: страха, всеобщей боязни, славолюбия власти и Сталина, – всего этого я не видел и не знал. В простых разговорах крестьян на эти темы за словом в карман никто не лез. Помню «принародно» распеваемые незабвенной Федосьей Терентьевной частушки типа: «Всю пшеницу за границу, нам кино да радио... (далее не совсем прилично)» или «Калина-малина, нет штанов у Сталина...» и т.д.

Я поступил на физический факультет университета и уехал навсегда в Свердловск. Мать осталась в Байкалово... Почему я пошел на физический – ответить никто не может. Ничто к тому в школе не располагало: физкабинета не было, учитель физики был бездарью, наставлять меня было некому. Сам я много читал и вот как-то сгенерировал такую идею. Никогда не раскаивался, а даже наоборот, я попал в точку. Это точно...

Среди близких ко мне друзей были: Миша Шур, Игорь Корчагин, Юра Лобастов (память о нём живёт), Вадим Счастливец.

Жизнь в те годы была совсем иной.

Культ вещей, захвативший сейчас все поколения, тогда практически отсутствовал. Первопричина этого зарыта в политической и социальной сути сталинизма. Жить лучше других, иметь больше, одеваться лучше – значило бросать вызов обществу, и оно тебя сожрет. Но когда люди долго живут в такой атмосфере, они отвыкают от вещей, от накопительства, и уже сами не стремятся к этому. Ведь

все познается в сравнении. Тем более – новое, уже советское поколение, которое только такую жизнь и видело.

Это не задавленность, не рабская психология, как сейчас пытаются это представить. Наоборот, это освобождение от вериг и раскрепощение духа. О чем говорили между собой? В наименьшей мере о вещах, тряпках, ценах. А почти всегда о чем-то духовном, более вечном, более интересном. И жить поэтому было интереснее, насыщеннее.

Учился я в университете хорошо. За все 5 лет, за 10 сессий получил на экзаменах только две четверки. Всё время получал повышенную стипендию.

А только так, только так мне и надо было, ведь я жил на одну стипендию! С середины четвертого курса и до конца я получал именную ньютоновскую стипендию (480 рублей вместо просто повышенной 290). Учиться мне было нетрудно. Иногда я прихватывал ещё некоторые курсы на других специальностях: слушал и сдавал теорию интегрирующих машин у математиков, сопромат у механиков, ходил слушать историю искусств Павловского у филологов.

Курсовую работу третьего курса я сделал экспериментальную, по магнетизму, у меня даже была своя установка, с насосом, печкой, газовым разрядом и гальванометром. Перейдя в теоретики (начало четвертого курса), я сделал курсовую у В.И. Черепанова по теории скин-эффекта. А к осени пятого курса мы с Германом Харусом пошли на диплом в ИФМ и попали к Исааку Цидильковскому. С тех пор я и хожу всю жизнь (более 40 лет) в Институт физики металлов. Распределились весной пятого курса туда в аспирантуру.

Переход в теоретики, переход в ИФМ, усиленное добавочное самообразование по науке – всё это было сделано очень-очень правильно. Это определило мою жизнь. И я сегодня этим всем доволен. Мне повезло, что я угадал себя.

Аспирантура была с октября 1958 по октябрь 1961 г. Поступил я к Анатолию Вячеславовичу Соколову. Но ему в этот год было не до меня, он весь был погру-



Аспирант ИФМ В.Е. Вздорнов, 1959 г.

жён в написание книги по оптике металлов. Поэтому сначала несколько месяцев я занимался по инерции конкретной работой с Исааком Цидильковским, моим руководителем по диплому, помогал ему кое-что обсчитывать, готовил отдельные материалы для его первой книги по термомагнитным явлениям в полупроводниках. Он был мною доволен, я владел этой наукой. Но всё это было временным. Хотя вышло две статьи с ним.

Я не убивался в аспирантуре. Много читал постороннего, старался развиваться в широту, читал много журналов, вёл очень свободный образ жизни.

Время аспирантуры было золотым временем. Я был молод, беззаботен, ничем не отягощён. Была интересная работа. Была увлечённость. Были результаты. Радость узнавания. Эйфория первых успехов.

Меня прибрал Туров и дал задание изучить появившуюся тогда кандидатскую диссертацию Дзялошинского, вышедшую из-под Ландау. Около полугода у меня ушло на это. Далее сформировался мой объект исследования: слабый ферромагнетизм в редкоземельных ортоферритах. И пошло. Летом 1959 г. мы с Туровым уже докладывали первые результаты на низкотемпературной конференции в Свердловске (докладывал он). В начале 1960 г. вышла наша первая и главная статья с ним в ФММ. Летом 1960 г. был мой «бенефис»: я докладывал на низкотемпературной конференции в Харькове, Ландау сидел в первом ряду, слушал и задавал вопросы. Это было мое первое боевое крещение. Я познакомился тогда с большим числом известных физиков, они стали знать меня и т.д. Вскоре вышло ещё две наших статьи по ортоферритам. Весной 1961 г. я делал ещё доклад в Ленинграде на магнитной конференции...

В аспирантуре мне давали много ездить в командировки, делать доклады на конференциях. Весь институт меня уже знал и ценил, уважал... Я был уже равным. Меня приглашали на семинары в экспериментальные лаборатории, советовались со мной, обсуждали разные вопросы, слушали мои доклады. А в 1962 г. я читал для сотрудников института курс лекций по симметрии кристаллов, лекций 18. Слушателей было много. В том числе – академик Вонсовский...

К осени 1961 г., к концу аспирантуры, косяк диссертации был, казалось бы, сделан, но Турову хотелось, чтобы я выдумал что-то ещё сам, какую-то изюминку, сам он поехал во Францию на полгода. Вообще-то Туров меня ничему не учил, тем более – систематически. Приходилось делать это самостоятельно.

И я, размышляя, изобрёл цветную магнитную симметрию. Дал ей определение, вывел все цветные группы симметрии, проиллюстрировал всё это на примерах... Выдал две публикации, уже просто своих. Осенью



Г.И. Гусева, В.Е. Найш, А.И. Мицек, С.В. Вонсовский на Ладого, 1961 г.

1962 г. я быстро написал саму диссертацию, переплёл. Некоторые события меня слегка попрिдержали, так что я защитился уже в июне 1963 г.. С моего курса я защитился первым, точнее – почти одновременно с Ленкой Зверевым.

Я докладывал впервые эти дела на магнитной конференции летом

1962 г., которая проходила в течение 12 дней на теплоходе, плывшем из Красноярска до Норильска и обратно. Поездка, конечно, была что надо.

Сильного резонанса изобретение цветной симметрии сразу-то не вызвало. Но значительно позднее, году к 1975-му, вдруг куча людей взялась за эту самую цветную симметрию, защитили кучу докторских, ещё большую кучу кандидатских диссертаций, написали кучу книг и т.д. Мне это стало очень не нравиться с самого начала, я уже через год после своих изобретений увидел тупиковость этой идеи при её дальнейшей разработке – с точки зрения физической полезности. Но убедить других мне не удавалось, я плюнул на это, никогда больше сам к этим проблемам не возвращался в позитивном смысле, а в негативном в 1977 г. произвел специальный доклад на магнитной конференции в Донецке с очень критическим анализом этой деятельности кучи людей. Более подробно я написал все эти соображения в первой главе книги «Нейтронграфия магнетиков». Бездумно продолжая первые свои разработки, я бы мог лет через 5 – 6 после кандидатской защитить и докторскую. За меня это сделали многие другие. Но я так не мог. Это надо было наплевать на идейную физическую сторону дела, а поступить чисто формалистически. Тем самым карьеру, быструю и блестящую карьеру я себе подрубил...

Чуть позже (1966 – 1973 гг.) я убил кучу лет с Олегом Соколовым на бесполезные занятия «теоретической физикой», то бишь гринистикой, диаграммной техникой и прочими модными вещами. Когда я образумился, лет 7 – 8 было потеряно. Нет-нет, статей моих вышло при этом много, но опять же самоуважения не было. Единственное оправдание тут, может быть, состояло в том, что в эти 10 лет я был очень занят тем, что растил детей, уделяя им очень много времени (при отсутствии бабушек-дедушек). При очень серьёзных рабочих делах это было бы очень трудно.

В 1973–1974 гг. я сделал очередной «поворот под 90», начав заниматься симметричными методами и кристаллографией, теорией представлений, нейтроннографией и т.д. Вот тут я развернулся. Работ пошло много, новизны было много, результатов куча. В итоге к 1980 г. я сделал докторскую, защитился и сел на пенёчек оглядеться.

Я был к этому времени известным симметристом, структурщиком, специалистом по теории групп, нейтроннографистом, магнитчиком. Нейтроннографическое сообщество полностью приняло меня, и я ходил в президиумах, лекторах и т.д. Вообще-то было очень перспективно продолжать заниматься магнитной нейтроннографией, преодолеть ещё один уровень, и тогда можно было бы ещё многие годы очень успешно жить и работать, ездить в Гренобль и т.д.

Тем не менее (дьявол силён) я сделал попытку снова совершить «поворот», на этот раз даже не на 90, а под тупым углом. К 1984–1985 гг. оформилась совершенно новая и ни на что предыдущее не похожая линия моей научной деятельности. С Феликсом Кассаном-Оглы мы начали разрабатывать концепцию и теорию тепловых кооперативных колебаний в кристаллах, создавать теорию теплового диффузного рассеяния рентгеновских лучей, организовывать свой эксперимент и т.д. Опубликовали в ведущем международном журнале четыре огромные статьи.

И пошло- поехало. Было очень интересно, ново, даже захватывающе. Хватило по сей день, на 15 лет. Работ сделали кучу, докторскую Кассану и две кандидатских. Правда, в 1990 г. наши пути с Кассаном разошлись, он отшатнулся от меня, и я стал в этой тематике работать независимо, у меня появились два своих сотрудника Игорь Сагарадзе и Таня Новосёлова. Я смог руководить этой линией очень долго, удачно встрял в область науки по никелиду титана и т.д. Дважды имел проекты Российского Фонда, приобретал добавочные деньги, свой компьютер и т.д.

Но сегодня, выйдя на некий промежуточный финиш и устроив себе кратковременный бивак с написанием вот этих мемуаров, я на старости лет опять, неуёмный, оглядываюсь, присматривая боковую тропинку, по которой следует танкообразно прокладывать ещё одну, новую автостраду... Пока ещё не облюбовал свою новую линию.

Вот, кратко, какой я есть в науке. И плюс причиндалы всякие: доктор наук вот уже около 20 лет, профессор более 10 лет, член всяких советов, Заслуженный деятель науки России и т.д. Сиди и разумно отдыхай... Так нет, бес опять тычет в ребро, авантюризма тоже не занимать. Ещё пока сижу на пенёчке, ещё не придумал...

Я жил легко. Я не ходил на работу от звонка до звонка. Не зависел от людей. Не имел дела с выполнением плана. С хозяйственной деятельностью. С идиотизмом низменной жизни. Жил в башне из слоновой кости, над реальностью, парил над жизнью.

Другие убивались, уродовались, тратили здоровье, удручались зарплатой... А я жил как дворянин, жил духовной жизнью. Хотя получал всегда или мало, или очень мало, или недостаточно.

Принадлежу прошлому больше, чем настоящему, и уж вовсе не будущему. Нет, это не возрастное ретроградство, это черты моего характера. Я и в самом деле должен был родиться и жить в XIX в. Не люблю технику, машины, технические новшества, прогресс. Люблю старину, патриархальность, тишину, простой труд, размышления, стихи, абстрактные построения.. Не люблю делячества, шума, скопления людей, стадных явлений. Люблю отдельность, своеобычность, независимость. Не люблю новаторства, реформаторство, нововведения. Удручаюсь, убегаю, избегаю. Как могу, конечно...

Люблю чистый лист и мысль. Люблю хорошие стихи. А никто вокруг их почти и не читает. Люблю писать и получать длинные письма. А никто уже их теперь не пишет. Люблю простой труд. Без надстройки. А вокруг преобладает одно изображение труда, одна надстройка.

В прошлом всё было моё. Сейчас – почти нету.

Почти не нахожу единомышленников.

Чаще всего – поговорить не с кем.

Я – идеалист. Есть мир материальный и есть духовный. Реальный же – некая их смесь. Пропорции у каждого свои. Они зависят, кстати, от уровня образования и от умения мыслить, которое даёт именно образование. Но не только. Есть такие закоренелые материалисты, что никаким образованием их не изменишь. Среди же необразованных материалисты преобладают, естественно. И даже не уровень жизни определяет это. Это – от Бога.

Хотя я не алкоголик, но страдаю «запойми». Когда меня посещает какая-то «идея», новая линия, увлечение – я впадаю в «запой». В это время я ничего иного не вижу и не слышу. В этом вся моя натура (для тех, кто хотел бы её знать). Сюда

надо прибавить моё общее неумение заниматься несколькими делами сразу, в параллель, делить внимание на несколько объектов (видимо, так же, как и субъектов).

Итак, об увлечениях. Был, например, длительный фото-кино-запой. Я много снимал, проявлял цветные фильмы, занимался мультипликацией, комбинированными съёмками; были горы литературы, химикатов, приспособлений и т.д. Остались горы фотоальбомов (которые опять же делал сам). Потом всё прошло. Кино оставил в 1967 г., фотографию – к 1990 г.

Было время, когда изучал растения. Кучи справочников, определителей, я фиксировал на ходу всё, что рядом растёт, вспоминая семейства и классификацию. Это 1972–1973 гг.

Длительное время (1972–1985 гг.) меня поглощали горы, походы. Сколько я ходил, сколько поглотил литературы, сколько нарисовал карт, схем, рисунков, сколько сам разработал маршрутов, сколько записей и дневников я написал! И по Кавказу, и по Тянь-Шаню, и по Памиро-Алаю, и по Центральному Памиру... Мой личный справочник по Памиру – это уникальный источник информации. Нигде такого нет. В столе лежат и по сию пору около 20 огромных карт разных горных районов...



Радиальный выход с Большого Куликолонского (ледникового) озера.  
На снимке В.Е. Найш и В.М. Счастливец, 1985 г.



В лесу с женой Эммой Моисеевной и дочерьми Юлей и Машей, 1974 г.

Однажды собрал «всего» Мандельштама (когда его практически не печатали вообще). Сделал свой, выверенный сборник, с комментариями... То же было с Высоцким (которого я очень высоко ценю как поэта и люблю). У меня свой большой его двухтомник. Всю жизнь (с 1961 г. собирал Гумилёва. И собрал.

Много сделал самодельных (самиздат) копий книг (не печатавшихся или вообще запрещенных и преследуемых): Н. Мандельштам, И. Одоевцева, Е. Гинзбург, С. Аллилуева, А. Зиновьев, М. Волошин, Н. Гумилёв, В. Высоцкий, В. Бажанов... Сейчас почти всё вышло уже легально. А я тогда доставал с трудом, всё печатал на машинке, переплетал. Человек, наверное, 20–30 прочли это у меня, лет на 10–15–20 раньше, чем это они смогли бы сделать потом.

Сам писал стихи. Но мало. Да и то, когда наступал «запой». Например, это осень 1974 г., помню хорошо. Или май-июнь 1981-го.

И в работе так же. Периодами – просто «запой». По 18 часов в сутки. И даже в земных работах так же. Как, например, это не раз бывало в деревне, в наших дачных делах. Или сарай новый. И т.д.

И сколько я всего переделал за эти годы!

Я уже даже не говорю про свою работу, про 110 своих статей, книжек, диссертаций... Нет, я про другие всякие дела говорю: пилил и колол дрова, валил лес, ко-

сил и метал сено, строил колодцы, строил лесопилку, построил неисчислимое количество заборов, строил бани, чинил телевизоры, растил детей, выращивал картошку, сажал, окучивал, копал, грузил, собирал и сушил травы, стеклил окна, печатал тысячи фотографий, делал кинофильмы, перетягивал мебель, переплетал десятки книг, печатал уйму книг, собирал всю жизнь уйму всяких ягод и грибов, ездил много за клюквой и брусникой на север, сделал десяток ремонтов квартир, красил крыши, работал грузчиком, сушил зерно, чинил обувь, подшивал валенки, ремонтировал всю жизнь быттехнику, рисовал сотни карт, клал печки, ходил по большим горам, всю жизнь ходил по лесам, бегал на лыжах, занимался бегом, стрельбой, настольным теннисом, собирал с детьми коллекции марок и т.д., и т.д., и т.д. Жуть!

А сколько студентов я выучил! С 1960 по 1999-й... Сколько экзаменов и зачётов принял! А сколько рецензий на статьи написал! Много сотен... А на диссертации всякие... Ну и сколько я проехал в бесчисленных поездках, путешествиях, походах!..

Мне очень повезло с профессией и работой. Я никогда не работал из-под палки, за зарплату, от звонка до звонка. Работал за интерес. А это очень здорово, если разобраться. Подавляющее большинство людей работают за зарплату, за средства к жизни. Если бы такие же средства были откуда-то сами собой, то люди бы не работали. А я – нет. Работал я много. Почти всю жизнь к тому же – на полтора работах. Читаю лекции, принимаю зачёты и экзамены, слушаю курсовые и дипломные работы, вожусь со студентами очень много. И на основной своей работе я делаю очень много всего такого, чего можно было бы не делать (за ту же зарплату). Но я работаю – за интерес. И вообще трудно сформулировать те импульсы, которые заставляют меня делать много-много всего, ибо большинство этих импульсов – не от Бога, а от дьявола.

В нашем деле полагается быть умным. Очень умным. Очень много читать, следить за литературой (на 90% – на английском языке), всё время совершенствоваться, упорно трудиться, заботиться, думать и ещё раз думать. Часто брал работу домой и сидел по вечерам и ночам. Да и сама сложность работы была огромная.

Неужели я так много знаю и понимаю? Сам я так не считаю. И даже напротив: удручаюсь, что я так мало знаю, а многого – просто не знаю и даже не понимаю. А с другой стороны – мои дела успешны. Я давно доктор наук, профессор, главный научный сотрудник, даже Заслуженный деятель науки России... У меня кучи работ. И даже сейчас, в эпоху развала, у меня дела идут хорошо. В этом году к лету, за полгода, я уже написал и опять отправил пять статей в печать... Что же ещё? Меня считают знающим, глубоко разбирающимся, есть довольно сильный авторитет и в институте, и в стране. Так в чём же дело? Всё это незаслуженно?

Но я вижу, как работают другие люди. И вижу, что многим, большинству, я не проиграю. Вижу их слабости, их непонимание, их ошибки, невысокий уровень и т.д. На их фоне я вроде бы действительно ничего. Значит, дело, видимо, обстоит именно так: все знают мало, все находятся несколько выше их уровня компетентности, никто не знает всего, формально ему положенного, слабостей у всех много. И это – норма. А тогда на этом фоне я, наверное, действительно весьма неплохо работаю...

Я тут занимаюсь как бы самоутешением, ибо моё собственное мнение о своём профессионализме весьма невысоко. А формально же – я успешен. В действительности же – пусть меня судят другие.

*В.Е. Найш, 1999 год.*



Валентин Евстигнеевич Найш

Представленный текст является краткими выдержками из автобиографии, написанной Валентином Евстигнеевичем Найшем (Вздорновым) в 1999 г. Представленный далее текст написан его другом и товарищем, академиком В.М. Счастливым.

В заключение описания жизни В.Е. Найша хотелось добавить, что к моменту написания этой автобиографии здоровье Валентина стало ухудшаться. Возможно, что это обстоятельство даже стало стимулом к её написанию. Он перенёс первый инсульт, и тогда, вероятно, Валентин задумался о бренности существования, и что многие события, имена и факты останутся неизвестными и родным, и близким, и друзьям. И он написал стостраничные воспоминания о своей жизни, включив в них не только описание своей жизни, но и тексты любимых стихов и песен. Конечно, желательно было бы сохранить их для потомства в полном объёме, а не только в виде краткого описания. После 1999 г. здоровье Валентина продолжало ухудшаться. Пережив ещё несколько инсультов, он скончался 5 ноября 2003 г., не дожив ещё немного до 68-летия. Он похоронен в Екатеринбурге на Северном кладбище.

### Список литературы

1. Изюмов Ю.А., Найш В.Е., Озеров Р.П. *Нейтроннография магнетиков*. М.: Атомиздат, 1981. 311 с.

---

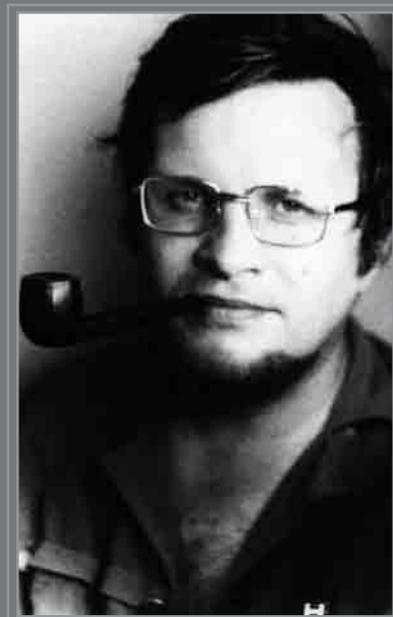
## Его звали «Шкипер» (Владимир Петрович КАЛАШНИКОВ)

Владимир Петрович Калашников, родился в г. Кудымкар в семье журналистов. Детство и юность Володи прошли в г. Кудымкар. В 1955 г. он окончил Кудымкарскую школу № 2 и, показав особенно прочное знание точных наук, в том же году поступил на физико-технический факультет Уральского политехнического института им. Кирова. Глубокое изучение математики, физики доставляло Владимиру огромное удовлетворение. В это время он не только посещает лекции, но много и напряженно работает в институтских лабораториях, мастерской, библиотеке, с успехом участвует в студенческих олимпиадах по точным наукам. После одной из убедительных побед Владимира в конкурсном решении задач ректор института направил в адрес городской школы №2 приветственный адрес – признательность за хорошую математическую подготовку учащихся.

Еще в студенческие годы Владимир проявил большой интерес и способности к исследовательской работе. Поэтому, когда в 1961 г. он с отличием закончил политехнический институт, ему было предложено место в аспирантуре. Сдав экзамены, Калашников поступил в аспирантуру Института физики металлов Уральского филиала Академии наук СССР. Научным руководителем Калашникова стал доктор физико-математических наук профессор П.С. Зырянов, который предложил ему заняться квантовой теорией явлений переноса в сильном магнитном поле. В феврале 1965 г. Владимир Петрович представил свою диссертацию на строгий суд оппонентов. К этому времени им было опубликовано более 10 научных работ. Защита диссертации прошла блестяще. Ученая степень кандидата физико-математических наук была присуждена Калашникову единогласно.

В институте физики металлов АН СССР В.П. Калашников занимается теорией кинетических явлений в системах многих частиц в сильных внешних полях; изучает коллективные колебания электронно-ионной плазмы, явления переноса в плазме и проводящих кристал-

---





Рабочий процесс

лах. Калашниковым развита теория нового физического эффекта – поляризации ядерных спинов полупроводника потоком горячих электронов. Рассмотрены вопросы как о величине и знаке поляризации ядер, так и исследован вопрос о релаксации спина неравновесных электронов на решетке и релаксация ядерных спинов на горячих электронах. Определены условия, в которых можно получить наибольший эффект.

Впоследствии его научный интерес сосредоточился на построении математического аппарата, пригодного для описания неравновесных систем со многими степенями свободы. В.П. Калашников внес существенный вклад в развитие общих методов теории неравновесных процессов.

В работах Калашникова (совместно с Д.Н. Зубаревым) развит новый эффективный метод теоретического описания неравновесных систем со многими степенями свободы. Метод основан на по-

строении асимптотических выражений для неравновесных статистических операторов, функционально зависящих от ограниченного числа огрубленных макроскопических переменных. Основные результаты, полученные им в целом цикле блестящих работ, можно сформулировать следующим образом. Предложены алгоритмы построения таких операторов для различной степени огрубления и уравнений баланса для макроскопических переменных. Дан анализ связи структуры НСО, кинетических коэффициентов и выражений для производства энтропии и формулировкой граничных условий к уравнению Лиувилля. Показано, что НСО данного типа удовлетворяют уравнениям Лиувилля с бесконечно малыми источниками в правой части, инвариантными по отношению к инверсии времен. На основе интегральных уравнений, развитых в работах, была построена регулярная теория возмущений по малому взаимодействию, а также получены соответствующие разложения как для самого НСО, так и для неравновесных кинетических коэффициентов. Сформулирована теория отклика неравновесных систем на внешнее механическое и термическое возмущение, построены выражения для неравновесных адмиттансов и функций Грина. Изучены общие свойства этих величин и создана теория возмущений по взаимодействию для сильно неравновесных систем. Рассмотрены различные модификации метода НСО и показана их эквивалентность.

Развитый в работах Калашникова метод НСО приводит к такой же стандартизации решения задач теории необратимых процессов, как и существующие методы аналитической механики – в решении задач механических. Фактически в методе НСО следует задать два фундаментальных оператора – гамильтони-

ан и оператор энтропии, после чего единым стандартным способом получают необратимые во времени макроскопические уравнения. Именно поэтому метод НСО дает надежную основу для решения конкретных задач теории необратимых процессов.

В работах Калашникова были детально изучены спин-решеточная релаксация электронов проводимости при всевозможных механизмах рассеяния их в проводящих кристаллах, проблема диффузии спиновой намагниченности электронов. Исследован вопрос о передаче энергии неравновесных спинов к кинетическим степеням свободы электронов проводимости. Им был развит новый подход к теоретическому описанию нелинейных гальваномагнитных явлений в полупроводниках, основанный на использовании огрубленного многоэлектронного статистического оператора.

В возрасте 35 лет Калашников представил к защите и блестяще защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. В отзыве на докторскую диссертацию Калашникова академик Н.Н. Боголюбов написал: «Его диссертация представляет собой фундаментальное исследование, богатое по содержанию и хорошо отделанное по форме. Ее особенностью является сочетание оригинальных исследований по развитию общей теории неравновесных процессов с приложением этой теории к конкретным проблемам – расчету новых эффектов». Исследования Калашникова хорошо известны у нас и за рубежом, докладывались на многих конференциях и симпозиумах.

За свою научную жизнь им опубликовано более 140 научных работ в разных отечественных и зарубежных научных изданиях. Профессор Калашников воспитал целую плеяду физиков-исследователей, которые занимаются теоретической физикой не только в России и ближнем зарубежье, но и в Канаде, Израиле и других странах. Среди них есть как кандидаты наук, так и доктора.

Владимир Петрович был человеком разносторонним и ярко одаренным. Рисовал и резал по дереву. Имел большую библиотеку, а также фоно- и видеотеку. Если позволяли обстоятельства и время, то каждый выходной проводил за городом: зимой на лыжах, летом – пешком. А во время отпусков с рюкзаком за плечами побывал на Северном Урале, красавице Вишере, на Алтае и Тянь-Шане, на Саянах и озере Иссык-Куль, в Прибайкалье и на Кавказе.

Владимир Петрович очень любил Кудымкар, где родился и вырос в семье журналистов Петра Михайловича и Степаниды Феофиловны Калашниковых. В одном из номеров окружной газеты, посвященной юбилею города, Калашников с признательностью писал:

«Кудымкар для меня – это прежде всего мои родители. От них я получил все, чем жива моя душа. Мой родной город, точнее, кудымкарская школа № 2, подарили мне замечательных учителей. Они научили меня прилежанию, пробудили интерес к знаниям, увлекли поиском неизвестного. В детстве я не представлял себе жизни без кудымкарской библиотеки... Читали запоем. Родом из Кудымкара и мой интерес к искусству. Он идет от нашего театра. Всегда стремился побывать на его спектаклях... Знаю и люблю живописные окрестности Кудымкара. Охота, рыбалка, грибы... Все живо в памяти, хотя давно уже нет ни Веселухи, ни Корчевиинского пруда, ни даже деревни Ванькино, где мальчишкой учил я пескарей на иньвенских перекатах...»



В очередном походе



«Шкипер»

Яркая личность профессора В.П. Калашникова – достойный пример увлеченности делом, трудолюбия, разнообразия интересов. Он жил азартно, не считаясь с возможностями организма, что, к сожалению, и сократило его земной срок.

Для близких друзей Владимир Петровича был известен под прозвищем «Шкипер». Впрочем, краткие, но достаточно емкие имена были и у других членов клуба Хала-Бала. О членах клуба и их увлечениях в небольшом воспоминании Ю.А. Бабанова.

«Как-то шли мы втроем: Изюмов Юрий Александрович, Суркова Татьяна Петровна и я, Бабанов Юрий Александрович.

Татьяна Петровна, обращаясь ко мне: Юрий Александрович!..

Изюмов, перебивая ее: Юрий Александрович это я! А он просто БОБ!

Я: Юрий Александрович это я! А ты просто ДЕД!

Так много лет тому назад звали друг друга мы, члены ХАЛА-БАЛА КЛУБА (на английском языке хала-бала (HALLA-BALOO) означает крик, гам, шум) (ХБК). А были еще **ШКИПЕР (Калашников Владимир Петрович)**, РУД (Руденко Владимир Константинович), ШИК (Меньшиков Анатолий Зотеевич). Мы любили ходить в леса, в горы. На Сороковом километре Тагильского тракта мы построили ИЗБУ в глухом лесу, где был театр имени СОЛОМОНЬЧА (Соколова Олега Борисовича), банька, где бздавали так, что хоть «святых выноси». Ходили в избу пешком, чаще всего с маленькими детьми. От Сагры, километров 6 – 7, а с тракта – 2. Зимой на лыжах. Спали на нарах, в два этажа (человек по 6 – 7 на каждом этаже, вповалку вместе с гостями). На фронто́не избы ШКИПЕР вырезал барельефы членов ХБК («морды», как назвал автор). Отраспали бородки. Была у нас униформа (брезентовая куртка с символом ХБК на рукаве), знак ХБК («борода с трубкой»), который вылил РУД из сплава Вуда. Главным архитектором, организатором и строителем был Алимов, которого звали уважительно ЮРИЙ ИВАНОВИЧ. Печку топили дровами, заго-

товкой которых занимались все время. Вечерами много говорили о политике (мировые проблемы!). У костра «базлали» песни: «Ты у меня одна, словно в году весна...», «А мы сидим и просто курим...» (гимн), «Все повороты, все повороты послать бы их по адресу...», «Лыжи у печки стоят, месяц кончается март ...».

Заблестели купола,  
Глядь – страна Хала-Бала.  
Отворяют ворота,  
Выплывают три кита,  
А на них Хала-Бала.  
У страны Халы-Балы  
Невеселые дела:  
Ни прописки, ни угла,  
Ни рекламного села –  
Лишь одна Хала-бала.  
.....  
И звонят в колокола –  
Вот и все у них дела.

Дети (Мишка Изюмов, Серега и Вовка Меньшиковы) выросли и построили лет 10 – 15 назад свою Избу в том же районе, но по другую сторону тракта. Ю.И. там был, мед пиво пил... А наша изба сгорела тоже лет 10 – 15 назад.

Наиболее запоминающимся и значимым событием тех лет была поездка на Байкал в 1968 г. Впоследствии я назвал это мероприятие «антипоходом». Поехали мы поездом Москва – Иркутск в начале августа впятером (все выше перечисленные, кроме СОЛОМОНЬЧА и ЮРИЯ ИВАНОВИЧА). По ходу к нам присоединилась ШАНЯ (подруга ШКИПЕРА). ДЕД был страшно зол на него, ибо «мы так не договаривались», он-то был без бабы. На Байкале в Листвянке сели на «Петрушу» (теплоход), спали в палатках на палубе и «зашнуровали» озеро до самого верха (бухта Фролиха). Это был конечный пункт походов 5 категории, который на-



Ю.А. Изюмов и В.П. Калашников на заседании «английского» клуба, 2005 г.

чинался за Баргузинским хребтом. У туристов, закончивших поход, мы взяли «кроки» (это подробные карты для ориентировки на местности). Сколько-нибудь подробной карты и продуманного плана похода у нас не было. Честно сказать, когда мы обсуждали это мероприятие в Свердловске, у нас и в мыслях не было никакого похода. Так – найти красивое местечко, поставить палатки, побалдеть несколько дней, потом следующее пристанище и так далее, на юг Байкала. Но нам дали кроки и мы решили пойти к Бургузину, то есть все время вверх – три недели без населенки по реке Тампуда, которая стекает с Баргузинского хребта. Рюкзаки по 30 – 40 кг, мешок сухарей, тушенка, закупленная в Иркутске, два ружья (у РУДА и ШКИПЕРА). Ловили хариуса в быстрых речках, стреляли птичек, раз встретились с медведем (сидел у речки и лапами ловил рыбу). **Шли по наитию (ШКИПЕРА и ДЕДА)**. Где-то посередине пути практически кончились продукты, но посчастливилось выйти к зимнику охотников, где был лабаз с запасами (мукой, консервами). Грабанули, но написали записку, кто грабанул, а выйдя к людям, написали на адрес охотника письмо. Через три недели вышли к поселку Алла за Баргузинским хребтом. Из поселка на автобусе добрались до Баргузинского заповедника и бросили манатки на берегу Байкала. Три дня балдели. Решили прикупить байкальского омуля у местных рыбаков. РУД и ШИК отправились под вечер к рыбакам (хотели не рисковать, так как в те времена не разрешалось ловить омуля на Байкале!). Ночью пошел дождь, а мужиков все нет и нет. Часов в 12 слышим: пришли и принесли БОЧКУ омуля (кг 40 – 50). Разделили по братски... Еще интересный эпизод. Никак не могли уехать до Улан-Уде. Попутки нас никак не брали (дело под вечер). Тогда ДЕД предложил встать на дороге с бутылкой водки (последняя, неприкосновенный запас!). Дали согласие. Первая же машина остановилась, но место рядом с шофером было только на троих. Это был муковоз, у которого за кабиной была небольшая площадка, и я с РУДОМ как наиболее молодые водрузились туда, на свежий воздух. Ничего доехали.

*И.И. Ляпилин*

---

# Об Юрии Михайловиче ПЛИШКИНЕ

## I. Формальное

Юрий Михайлович Плишкин (ЮМП) родился 18 марта 1932 в г. Чусовом Пермской области.

В 1949 г. поступил на физико-математический факультет УрГУ и в 1954 закончил его с отличием по специальности «Математик». С 1954 г. до конца жизни (20 мая 1983 г.) работал в Институте физики металлов, начиная от лаборанта в отделе теоретической физики до заведующего лабораторией математических методов, созданной в 1971 г. В 1963 г. защитил диссертацию на тему «Нелинейная микроскопическая теория прочности цепочечных и кристаллических структур». С 1965 г. по совместительству преподавал дисциплины «Уравнения математической физики», «Теория вероятностей и математическая статистика» в УрГУ, где в 1971 г. ему было присвоено звание доцента по кафедре «Математический анализ». В 1970 г. ЮМП была вручена медаль «За доблестный труд» в связи со 100-летием (но не ЮМП, а тов. В.И. Ульянова, более известного под псевдонимом Ленин).

## II. Неформальное (мои воспоминания о ЮМП).

**1. Замечательный лектор.** Впервые я встретился с ЮМП в УрГУ, где он на матмехе читал нашему курсу достаточно сложный курс «Уравнения математической физики». Он обаял весь курс с первой же лекции. К доске вышел элегантно одетый (костюм-тройка, галстук, запах дорогого одеколona – другим я его не видел за все время общения с ним) симпатичный мужчина. Манера вести лекции никого не оставляла равнодушным. Абсолютно все понятно и разложено по полочкам. Но более всего привлекал (на фоне многих других лекторов) язык подачи материала – живая остроумная речь с отступлениями, анекдотами в тему возникающих ситуаций (о чувстве юмора ЮМП далее будет отдельно – оно того заслуживает). Например, помню, на пер-

---



вой лекции он выписал дифференциальное уравнение, где встречались и первые и вторые производные искомой функции. Услышав противоречивые ответы аудитории на вопрос о порядке этого уравнения, он добавил, что иметь или не иметь уравнению первые производные – это его, уравнения, личное дело. На первой же лекции нас приятно удивила и непривычная деликатность нового лектора по отношению к студентам. Когда он проводил обязательную процедуру выявления отсутствующих на лекции, то не просто называл фамилию очередного студента, но и имя-отчество, прибавлял впереди слово «товарищ». Это было для нас абсолютно непривычно и удивительно. Именно поэтому, когда по окончании матмеха УрГУ мне дали понять, что по некоторым неофициальным причинам меня не возьмут на работу в Институт математики и механики (хотя этот институт в тот год предлагал по распределению 10 мест для выпускников матмеха, а я закончил с отличием вторым по успеваемости на курсе), я с радостью согласился на предложенное место в ИФМе в лаборатории ЮМП.



На скамейке втроем...

Слева направо: И.А. Перетурина, Н.И. Чарикова, Ю.М. Плишкин, 1958 г.

**2. Аристократизм** (в хорошем, не ругательно-большевистском, смысле слова). ЮМП даже в то совковое время старался свой микромир и окружающую его микроатмосферу создать достойной жизни человека. Как я уже заметил выше, он всегда был одет элегантно, в костюме-троечке (за исключением, думаю, характерно советских мероприятий – субботников и выездов на сельхозработы), от него всегда великолепно пахло. Свой кабинет и образ жизни в нем он тоже пытался «очеловечить» насколько это возможно. В кабинете стояли кресла, а гостю всегда предлагалась чашечка кофе, а при желании и «фирменный» напиток ЮМП – разбавленный спирт, настоянный на мандариновых и лимонных корочках. Этот напиток всегда имел место в несгораемом шкафу его кабинета, благо бывшая в лаборатории вычислительная машина «Мир» всегда делилась отпускаемым ей спиртом со своим начальником. На память приходят такие строчки из моего новогоднего поздравления тех лет, посвященные ЮМП:

«...мы все Вас любим, уважаем,  
За ум, за юмор, легкий флирт,  
Ну а особенно за спирт!».

Но, естественно, никаких проблем с алкоголем у ЮМП не было. А описанное больше предназначалось для приятных гостей или в дни торжеств. ЮМП невозможно было не уважать. В нем чувствовалась самодостаточность, самоуважение и уважение к достоинству (в хорошем смысле слова) окружающих, изысканность в одежде, доброта и необыкновенное чувство юмора (об этом ниже). Вот и сейчас, «пиша» эти строки, я поставил перед собой портрет ЮМП и на меня смотрит знакомое обаятельнейшее лицо с некоторой строгинкой во взгляде (видимо, я сболтнул лишнее).

**3. Ученый.** Юрий Михайлович за свою жизнь опубликовал более 60 научных работ. Работал над докторской диссертацией, известна даже ее тема: «Исследование механизмов взаимодействия дефектов металлических кристаллов методом машинного моделирования», но не успел дописать. Свою первую научную статью я написал в соавторстве с ЮМП. Его интересы были весьма разнообразны. Помнится, на семинаре лаборатории в 1978 г. он докладывал совместную с Ю.Я. Реутовым статью «О вероятностных оценках в экспериментах по телепатии». Но все же опять выскажу свое мнение, хотя, думаю, со мной могут и не согласиться. ЮМП не был фанатом науки как таковой (это вам не В.В. Дякин!). Сам по себе упорный поиск научных истин не был главным приоритетом в его интересах. Я бы даже сказал, что в нем присутствовала некоторая научная лень. Интересен ЮМП был прежде всего как совершенно неординарная и нестандартная человеческая личность, что я пытаюсь показать в других пунктах этих воспоминаний.

**4. Мудрость и обаяние.** Я уже говорил о том, что обаяние ЮМП было безграничным. Думаю, что многие женщины в институте тайно (или явно) были влюблены в Юрия Михайловича. Он остро чувствовал настроение окружающих людей, сопереживал бедам окружающих, пытался по мере сил помочь в трудных ситуациях. Помню лично со мной связанный случай. Был у меня когда-то морально тяжелый небольшой отрезок жизни, когда даже работа не отвлекала от тягостных мыслей. Я был намного младше тогда, чем ЮМП (это сейчас я его уже перерос), а потому в мои планы, естественно, не входило делиться с ним личными про-



В лаборатории математических методов.  
Галина Львовна Подчиненова  
и Юрий Михайлович Плишкин



Благоустройство территории перед главным зданием Института

блемами. Но ЮМП чутко уловил наличие у меня проблем, позвал по формальному поводу к себе в кабинет и очень тонко и тактично поговорил со мной. Под каким-то гипнотическим его обаянием и доброжелательностью, сам не понимая почему, я рассказал ему все. И получил от него такие мудрые и неочевидные советы, что я все еще с благодарностью об этом вспоминаю.

**5. Шахматист.** Шахматы были, по-видимому, самым большим хобби для ЮМП. Играл он хорошо (я так думаю), участвовал во всех шахматных турнирах института и УрО РАН в целом. Практически каждый день в конце (а иногда и не в конце) рабочего дня в кабинет к ЮМП приходили Петя Гулецкий или Игорь Подчиненов, на стол ставились шахматные часы и начинался многочасовой блиц. Юрий Михайлович в лаборатории считался самым большим шахматным специалистом. Помню, когда шел матч на первенство мира между В. Корчным и А. Карповым и какая-то партия откладывалась, мы дружно бежали к ЮМП, расставляли шахматы в отложенной позиции, ЮМП давал точный анализ ситуации и всегда партия заканчивалась именно так, как он предсказал.

**6. Остроумие и необычайное чувство юмора.** Это наиболее яркая и привлекательная черта личности ЮМП. Он не только часто «выдавал» необычайные экспромты, но хорошо понимал юмор окружающих. Думаю, чувство юмора и помогало ему с долей спасительной иронии относиться к тогдашней действительности, что сохраняло ему кучу нервных клеток. При ЮМП в нашей лаборатории всегда давался зеленый свет всяким мероприятиям юморно-сатирического характера. Мы создавали стенгазеты, готовили смешные номера и викторины (с призами!) на каждый значительный праздник. И писать, и сочинять можно было что угодно, без всякой цензуры и мыслей о том, что ЮМП может что-то не понять или осудить. В одной из викторин ЮМП задавал всем вопрос о том, какая мысль успокоит Вас в трудную минуту. Первое место ЮМП присудил моему ответу: «Как много девушек хороших...». Помню еще такой случай. В первое время моей работы в институте я еще не знал о существовании в то время облав работников отдела кадров института на опаздывающих



А.С. Ермоленко, В.М. Алябьев, Ю.М. Плишкин, Г.Г. Талуц, В.В. Сериков, В.Е. Старцев  
на первомайской демонстрации

на работу. Ловили на вахте тех, кто опаздывал не более чем на час (потом проверяющие уходили на свои рабочие места), а потому к самым злостным прогульщикам (кто опаздывал более чем на час или не приходил вообще) претензий не было. А попавшиеся должны были писать объяснительную. И я как-то по дороге в ИФМ встретил однокурсника и мы с ним проговорили об общих знакомых и кто где устроился на работу. Естественно, я попал в облаву. Молодой и наивный, в объяснительной я не стал писать, что по дороге сломался автобус или что мне упал кирпич на голову и пришлось отлеживаться, приходя в себя. Я честно написал, что встретил приятеля и говорили с ним о том, кто куда устроился после универа. Подписывая мою объяснительную для отдела кадров, ЮМП сделал приписку: «Прошу считать причину опоздания уважительной». В отделе кадров над его припиской по-доброму посмеялись, заметив, что только ЮМП может позволить себе такую приписку. Но ко мне никакие санкции применены не были.

**7. Творческая личность.** Я считаю, что именно в художественном творчестве наиболее ярко проявилась неординарность личности и таланта ЮМП, который стоял у истоков и был одной из главных движущих и творческих сил художественной самодеятельности нашего института. Спектакли нашей самодеятельности «прогремели» не только в стенах нашего института, но и далеко за его пределами, куда выезжали участники спектаклей. Ни в одном из наших академических институтов ничего подобного даже близко не было. Я считаю, что это произошло

потому, что удачно в нашем институте образовалась группа очень талантливых, творческих и активных людей, таких как ЮМП, А.К. Кикоин, Г.Г. Талуц, И.Ш. Трахтенберг (чей талант особенно ценил ЮМП), В.Е. Щербинин, Я.Г. Смородинский и др. Конечно, благодаря активным и талантливым исполнителям, Юрий Михайлович принимал в создании этих спектаклей самое живое и активное участие начиная с первого, который появился в 1957 г., и по тринадцатый в 1982 г. (остальные спектакли были созданы после его смерти). ЮМП проявлял себя и как активный организатор, и как талантливый режиссер, и как исполнитель, и в качестве музыкального сопровождения, прекрасно играя на баяне. В 2002 г. вышла книга «История Института физики металлов в сценариях спектаклей самодеятельности», где собраны сценарии всех спектаклей, а в начале книги есть очень интересное и остроумное предисловие, написанное ЮМП.

Таким мне запомнился Юрий Михайлович Плишкин, один из тех ярких людей, которые сыграли большую формирующую роль в моей жизни, и за встречу с которыми я благодарен судьбе.

*В.Я. Раевский*

---

# ЭЛЕКТРОННАЯ ФИЗИКА И МАГНЕТИЗМ

---



---

# Алексей Андреевич САМОХВАЛОВ

Ни дня без эксперимента!  
*А.А. Самохвалов*

Алексей Андреевич Самохвалов – видный российский ученый в области новых магнитных материалов, один из создателей в Советском Союзе нового научно-направленного на стыке магнетизма, физики полупроводников и материаловедения – физики магнитных полупроводников, которое является по существу предшественником бурно развивающейся в наше время спинтроники.

А.А. Самохвалов родился в семье преподавателей. В 1944 г. поступил в Свердловский горный институт, в 1947 г. был переведен на энергетический факультет Уральского политехнического института им. С.М. Кирова, который окончил в 1949 г. по специальности «электрические машины и аппараты». В этом же году поступил в аспирантуру Института физики металлов УФАН. В 1954 г. Алексей Андреевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. После защиты выполнял работы по созданию и внедрению новых гамма-дефектоскопов с использованием сцинтилляционных гамма-счетчиков, по разработке метода ионизационной дефектоскопии с применением жесткого бетатронного гамма-излучения энергии 20 МэВ. Дефектоскопы позволяли ускорить контроль изделий в 50–80 раз по сравнению с прежним фоторадиографическим методом гамма-дефектоскопии при значительном удешевлении контрольных операций. В 50-е гг. это было важным направлением в развитии атомной техники. Результаты работ докладывались на сессиях АН СССР по мирному использованию атомной энергии в 1955 и 1957 г. Материалы отражены в обзорном докладе, представленном на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии.

В 1957–1960 гг. Алексей Андреевич выполнил ряд работ по электрическим свойствам ферромагнитно-

---



го полупроводника магнетита в целях выяснения особенностей энергетического спектра электронов проводимости при спиновом упорядочении и механизмов электропроводности магнитоупорядоченных материалов. В ходе этих работ проведены исследования по эффекту Холла, магнитосопротивлению и другим гальваномагнитным свойствам магнетита. Определение параметров носителей в этом ферримагнитном полупроводнике, учет аномальных эффектов, связанных со спиновым упорядочением, имели существенное значение для понимания механизма электропроводности ферритов. На основе поперечного эффекта Нернста–Эттинггаузена была оценена температурная зависимость подвижности электронов проводимости в области обычного ферримагнитного состояния, обнаружены резкие аномалии и анизотропия эффекта в области низкотемпературного превращения (при 95 К), свидетельствующие об изменении энергетического спектра электронов проводимости в области превращения. Обзор результатов по комплексному исследованию электрических свойств магнетита был представлен на III Всесоюзном совещании по ферритам в Минске в 1959 г. Эти результаты заложили основу для изучения широкого класса магнитных материалов, обладающих низкой подвижностью носителей тока – ферритов-шпинелей и ферритов-гранатов, имеющих важное прикладное значение.

В 1964 г. А.А. Самохвалов был назначен руководителем группы ферритов. С момента организации группы Алексей Андреевич проводил оправдавшую себя



А.Ф. Гуничев, В.В. Осипов, Н.И. Солин, А.А. Самохвалов, М.И. Симонова

с годами стратегию организации работы группы: от технологии получения образцов, исследования комплекса свойств разными экспериментальными методиками до выяснения возможностей использования полученных результатов и разработки макетов прикладных устройств.

Алексей Андреевич одним из первых в мире начал исследовать новый класс магнитных материалов – магнитные полупроводники – и являлся признанным лидером в этой области. Под его руководством были проведены работы по синтезу и исследованиям важных в фундаментальном и прикладном отношении материалов – ферритов, новых редкоземельных соединений на основе двухвалентного европия, халькогенидных хромовых шпинелей.

Деятельность группы на начальном этапе ее существования была сконцентрирована на исследованиях ферритов. В то время, как и сейчас, они широко использовались в радиотехнике и электронике. Но для лучшего их применения необходимо было понимание природы магнитных, электрических, оптических, высокочастотных свойств, выяснение механизмов электронной проводимости, изучение диэлектрической проницаемости в широкой области частот, влияния гидростатического давления на электрические свойства. Объектами изучения служили ферриты-шпинели с переменной концентрацией ионов двухвалентного железа: никель-цинковые, никель-железные, цинк-железные, магний-марганцевые, марганцевый и литиевый ферриты. Продолжалось рассмотрение магнетита – «неисчерпаемого», по словам Алексея Андреевича, магнитоупорядоченного материала со сравнительно широкой зоной проводимости. Одной из важных работ этого периода была работа А.А. Самохвалова с соавторами по оптическим свойствам ферритов, посвященная доказательству механизма поляронной проводимости в ферритах. Результаты экспериментальных и теоретических исследований ферритов были обобщены в обзоре «Электронная проводимость в магнетите и ферритах», написанном А.А. Самохваловым совместно с М.И. Клиngerом. Эта публикация является одной из самых цитируемых работ А.А. Самохвалова. В эти годы группа ферритов плодотворно сотрудничала с прикладными институтами Минэлектронпрома.

Начало 60-х гг. ознаменовалось открытием ферромагнетизма редкоземельного оксида европия  $\text{EuO}$  с температурой Кюри  $T_c = 70 \text{ K}$  и намагниченностью насыщения  $4\pi M_s = 24 \cdot 10^6$ . Это был первый редкоземельный ферромагнитный оксид и модельный гейзенберговский ферромагнетик. По инициативе академика С.В. Вонсовского начались работы по изучению соединений двухвалентного европия и в группе ферритов. В Институте химии УНЦ АН СССР была организована группа по синтезу новых редкоземельных магнитных соединений, возглавляемая В.Г. Бамбуровым. На протяжении долгих лет две группы связывали не только совместная активная научная деятельность, но и дружеские отношения. Группа ферритов приступила к синтезу и исследованиям поликристаллов и твердых растворов на основе оксида европия. За «синтез и исследование новых ферромагнитных материалов на основе низшего оксида европия» А.А. Самохвалов удостоен третьей премии в конкурсе Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева за 1970 г.

В 1971 г. А.А. Самохвалов стал доктором физико-математических наук. Тема его диссертации – «Исследование обменного взаимодействия и электронной проводимости в некоторых магнитных оксидах». В 1972 г. в ИФМ УНЦ РАН созда-

на лаборатория магнитных полупроводников, которую Алексей Андреевич возглавлял до 1998 г. Понимая, что возможность использования гигантских эффектов в соединениях европия ограничивается низкой температуры Кюри, Алексей Андреевич поставил основную цель перед лабораторией – поиск способов повышения температуры Кюри. Любимым его лозунгом в этот период был лозунг «Ни дня без эксперимента!» Алексей Андреевич умел создать рабочую доброжелательную атмосферу в лаборатории. Рейтинг его как заведующего всегда был высоким в институте. В основном молодой по составу коллектив лаборатории был охвачен энтузиазмом и увлеченно работал. Активно проходили лабораторные семинары, на которых горячо обсуждались только что полученные результаты и свежие статьи исследовательских групп из ИВМ и МТИ, с которыми шла острая конкуренция. В спорах Алексей Андреевич всегда учитывал мнения других. Впервые в СССР были выращены высококачественные монокристаллы  $\text{EuO}$ , в том числе легированные РЗ примесями с повышенной температурой Кюри (до 130 К). Оригинальная технология пленок  $\text{EuO}$  защищена авторским свидетельством. В монокристаллах  $\text{EuO}$ , легированных гадолинием при комнатной температуре, обнаружен переход изолятор–металл в зависимости от концентрации гадолиния с гигантским изменением электросопротивления (11 порядков). Выявлены магнитные примесные состояния в соединениях  $\text{EuO}$  с гадолинием; показано, что в твердых растворах  $\text{EuS:Sm}$  с полупроводниковой проводимостью происходит усиление обменного взаимодействия. Из совместных электрических и оптических измерений установлен зонный характер проводимости и определены параметры носителей заряда в монокристаллах нестехиометрического  $\text{EuO}$  и легированного ионами  $\text{Gd}^{3+}$ . На нестехиометрических пленках  $\text{EuO}$  по данным эффекта Фарадея, магнитных измерений и транспортных свойств показана магнитная гетерогенность, связанная с образованием магнитных примесных состояний. Это были одни из первых работ по магнитным полупроводникам, в которых экспериментально показано электронное и магнитное разделение фаз. Пленки  $\text{EuO}$  с повышенной температурой Кюри (150 К) оказались подходящим материалом для термомагнитной записи и считывания на основе эффекта Фарадея. Побитовая и голографическая запись информации с высокими характеристиками была осуществлена в ФИ АН СССР в 1976 г. На пленках  $\text{EuO}$  в филиале МИФИ в Арзамасе (ныне г. Сарове) при исследовании эффекта Фарадея в мегагаусовых полях при комнатной температуре обнаружено удельное фарадеевское вращение, превышающее 107 град/см, которое связано с насыщением магнитного момента и расщеплением зоны проводимости на уровни Ландау. Создаются макеты устройств, использующих гигантский эффект Фарадея и гигантское магнитосопротивление окиси европия. Выяснены механизмы уширения линии ФМР, затухания спиновых и магнитостатических волн в магнитных полупроводниках  $\text{EuO}$ .

Ведущее положение лаборатории, возглавляемой А.А. Самохваловым, в это время подтверждается решением объединенного научного совета по проблеме «Физика и химия полупроводников» при Президиуме АН СССР в 1977 г., согласно которому Институт физики металлов определен головным по физике магнитных полупроводников. Лаборатория являлась организатором Уральских зимних школ по физике и химии магнитных и РЗ полупроводников. Экспозиция ИФМ УНЦ АН СССР в 1981 г. на ВДНХ СССР на тему «Магнитные полупроводники – новые материалы для электронной техники» удостоена четырех бронзовых медалей и диплома I степени.



Лауреаты Государственной премии СССР А.А. Самохвалов и Ю.П. Ирхин. 1984 г.

В 1982 г. А.А. Самохвалов получил звание профессора по специальности физика магнитных явлений. В 1984 г. А.А. Самохвалову в соавторстве была присуждена Государственная премия СССР за цикл работ «Магнетизм и электронная структура редкоземельных и урановых соединений», опубликованных в 1959–1982 гг. От ИФМ УНЦ АН СССР в этом коллективе участвовал также Ю.П. Ирхин.

Деятельность лаборатории на рубеже 1970–1980 гг. сосредоточивается на другом классе магнитных полупроводников – хромовых халькогенидных шпинелях. Первая работа в этом направлении была посвящена магнитным свойствам  $\text{CdCrSe}_4$  и  $\text{CdCrS}_4$ . Магнитные хромхалькогенидные шпинели, в которых свободные носители заряда, созданные легированием или отжигом, относительно подвижны, стали благодатным объектом для изучения взаимодействия электронной и магнитной подсистем. Кроме того, эти соединения обладали более высокой по сравнению с  $\text{EuO}$  температурой Кюри и можно было попытаться на их основе создать магнитные полупроводники с  $T_C$  выше комнатной температуры. Действительно, были синтезированы медная шпинель и твердые растворы  $\text{Cu}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{Cr}_2\text{S}_4$  с высокой  $T_C$ , однако они обладали низкой подвижностью носителей заряда, что ограничивало их использование в полупроводниковых устройствах. Проблема сочетания комнатной  $T_C$  и высокой подвижности была главным препятствием

в практических применениях классических магнитных полупроводников. В настоящее время эта тема развивается в исследованиях разбавленных магнитных полупроводников.

Вместе с сотрудниками лаборатории Алексей Андреевич обнаружил и исследовал новые явления сильного электрон-магнитного взаимодействия в магнитных полупроводниках – разогрев магновов, генерация спиновых волн носителями заряда в сильном электрическом поле. Обнаружены управляемые электрическим полем СВЧ поглощение в  $\text{CdCr}_2\text{Se}_4$ , затухание магнитостатических волн в  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ , объяснено влияние электропроводности и электрического поля на спектр и затухание магнитостатических волн в магнитных полупроводниках. В магнитном полупроводнике  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  установлен эффект черенковского усиления спиновых волн дрейфующими носителями заряда, предсказанный А.И. Ахиезером, В.Г. Барьяхтаром и С.В. Пелетминским. Определен и изучен новый меха-



В лаборатории магнитных полупроводников.  
Слева направо сидят: Т.И. Арбузова, М.И. Симонова, Н.Н. Лошкарева.  
Стоят: Н.А. Виглин, Ю.П. Сухоруков, А.А. Самохвалов, Б.А. Гижевский

низм затухания спиновых волн, обусловленный носителями заряда, основанный на специфичном только для магнитных полупроводников магнитоэлектрическом механизме, предсказанном Э.Л. Нагаевым.

Работы школы А.А. Самохвалова по возбуждению магнонов носителями тока в магнитных полупроводниках, по электрон-магнонному взаимодействию, имеющие важное принципиальное и прикладное значение, отмечались в списке важнейших достижений АН СССР в 1979 и 1980 г. Пионерные исследования школы А.А. Самохвалова по электрон-магнонному взаимодействию положили начало новому направлению на границе физики полупроводников и магнетизма – магнитоэлектронике, которое является логическим развитием современной физики и техники ферритов и полупроводников, имеющей большое значение для развития современной СВЧ, лазерной и полупроводниковой техники. В настоящее время это направление именуется «спинтроника» и имеет необычайно широкое распространение в мире.

Другая важная особенность хромхалькогенидных шпинелей состояла в гигантских магнитооптических эффектах при широкой области прозрачности, охватывающей ближний и средний ИК-диапазоны. Сотрудниками лаборатории был обнаружен эффект гигантского магнитопропускания ИК-излучения в ртутной шпинели  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$   $\rho$ - и  $n$ -типов, эффект Фарадея на носителях заряда, влияние магнитного упорядочения на примесное поглощение). Эффект магнитопропускания заключается в изменении интенсивности проходящего через образец света при приложении магнитного поля. Это позволяет создавать новые устройства управления световым потоком. Была изучена анизотропия магнитосопротивления, магнитопропускания, определены параметры носителей заряда с учетом аномального эффекта Холла. Важно отметить высокое качество выращенных в лаборатории монокристаллов ртутной шпинели. На основе этих экспериментальных работ М.И. Ауслендером и Н.Г. Бебениным была создана модель зонной структуры хром-халькогенидных шпинелей, которая объясняла весь комплекс транспортных и оптических свойств. Гигантские магнитооптические эффекты стали основой ряда разработанных оптоэлектронных магнитоуправляемых устройств (модуляторов излучения, полосовых магнитооптических фильтров, анализатора азимута поляризации излучения). Прикладные работы были выполнены в рамках хозяйственных работ с ЦНИИ Машиностроения Российского космического агентства в начале 1990-х гг. Одна из работ лаборатории «Отрицательная дифференциальная проводимость антиферромагнитного полупроводника» была выбрана для публикации в сборнике «Best of Soviet Semiconductor Physics and Technology» 1990.

Работа «Магнитные полупроводники» заслушивалась и обсуждалась на заседании Президиума АН СССР в 1984 г. и была высоко оценена как имеющая применение и важное теоретическое значение.

В 1986 г. произошел революционный прорыв в физике – А. Мюллер и Г. Беднорц открыли высокотемпературную сверхпроводимость в купрате  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  с критической температурой перехода 30 К. Повсеместно началась усиленная деятельность по достижению еще больших температур сверхпроводящего перехода. Высокий технологический потенциал, опыт в изучении новых материалов позволили лаборатории магнитных полупроводников быстро войти в новую область исследований. В лаборатории впервые в СССР выращены монокристаллы  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  высокого качества с  $T_c=93$  К, на которых был сделан ряд работ

не только в институте, но и за его пределами. На поликристаллах  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  с дефицитом кислорода в совместной работе с лабораторией физики высоких давлений (И.В. Медведева) получен рекордный для того времени барический коэффициент температуры сверхпроводящего перехода. Практически одновременно началось комплексное изучение свойств антиферромагнитного полупроводника  $\text{CuO}$  – первоосновы сложных сверхпроводящих оксидов. Изучена анизотропия магнитных свойств, электронной проводимости и оптического поглощения, ЭПР монокристаллов  $\text{CuO}$ . На основе цикла работ по оптическим и транспортным свойствам  $\text{CuO}$ , облученного различными высокоэнергетическими частицам (электронами,  $\text{He}^+$ ,  $\text{N}^+$ ) оксид меди, как и купратные ВТСП, был отнесен к сильно коррелированным соединениям. Аномальные свойства  $\text{CuO}$  нашли объяснение в рамках модели фазы полярных конфигураций А.С. Москвина.

В 1990-х г. продолжались работы по электрон-магнетонному взаимодействию. Было обнаружено влияние сильного высокочастотного электрического поля на спектр и затухания магнитостатических волн в  $p\text{-HgCr}_2\text{Se}$ . Существенным результатом стало обнаружение эмиссии в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах из гетероструктуры ферромагнитного полупроводника  $p\text{-HgCr}_2\text{Se}_4$  – полупроводника  $n\text{-InSb}$  или  $n\text{-EuO-}n\text{-InSb}$  при инжекции поляризованных носителей тока из ферромагнитного полупроводника в полупроводник  $n\text{-InSb}$ .

Последние годы Алексей Андреевич занимался проблемами ВТСП, локальной сверхпроводимостью и поверхностными явлениями в магнитных полупроводниках.

За заслуги в научной деятельности в 1998 г. А.А. Самохвалову было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Российской Федерации.

А.А. Самохвалов – автор более 300 трудов, среди них 2 монографии, 6 обзоров, более 160 оригинальных статей, 14 авторских свидетельств. К наиболее существенным его работам можно отнести следующие [1–5].

Алексей Андреевич воспитал целую плеяду учеников, среди которых 3 доктора физ.-мат. наук и 16 кандидатов. Из указанного числа трое кандидатов наук были подготовлены по просьбе АН Азербайджанской ССР, один из них – А.Г. Рустамов – впоследствии защитил докторскую диссертацию. В течение многих лет А.А. Самохвалов был председателем Государственной экзаменационной комиссии на физическом факультете Уральского госуниверситета, в 1979–1981 гг. читал лекции студентам по спецкурсу «Актуальные проблемы современной физики – физика магнитных полупроводников». Алексей Андреевич возглавлял совместную с УрГУ лабораторию. В ней постоянно проходили практику, выполняли курсовые и дипломные работы студенты УрГУ и УГТУ-УПИ, стажировались сотрудники кафедр.

Обширны были научные связи А.А. Самохвалова. Он неоднократно представлял российскую (советскую) науку за рубежом, выезжая в командировки (в Чехословакию, 1964, Францию, 1966, Швейцарию, 1970, Венгрию, 1975, ФРГ, 1977) для научной работы и участия в международных конференциях, был лично знаком с ведущими учеными, занимающимися магнитными полупроводниками С. Метфесселем (S. Methfessel), Г. Бушем (G. Busch), Вахтером (P. Wachter), которые высоко оценивали работы Алексея Андреевича с коллегами. Он поддерживал контакты со многими научными центрами Советского Союза, активно сотрудничал с другими лабораториями института. Особенно хотелось бы отметить

совместную деятельность с лабораториями высокого давления, рентгеновской спектроскопии, оптики металлов, отделом прецизионной металлургии, плодотворное сотрудничество с которыми продолжается и поныне.

Алексей Андреевич имел высокий авторитет в научных кругах, являлся членом различных научных советов – ученого совета института, специализированных ученых советов по защитах в ИФМ и УрГУ, зам. председателя проблемного совета по физике магнитных материалов, ИФМ, а также членом экспертного совета в фонде «Прогресс» при УГТУ-УПИ, бюро секции «Физика и химия редкоземельных полупроводников» при научном совете по физике полупроводников АН СССР, научно-технической секции № 6 главного научно-технического управления Минэлектропрома, научно-технического совета по проблеме «Химия твердого тела» Сибирского отделения АН СССР.



Алексей Андреевич Самохвалов

Общественной деятельностью Алексей Андреевич занимался с молодых лет: был членом агитколлектива, бригадиром агитаторов, пропагандистом и членом лекторской группы райкома ВЛКСМ, членом институтского бюро ВЛКСМ. В течение многих лет вел профсоюзную работу: был заместителем председателя профкома Уральского филиала АН СССР, членом местного комитета, председателем производственно-массовой комиссии. В течение 20 лет А.А. Самохвалов возглавлял отделение общества «Знание» в институте.

Несомненными заслугами А.А. Самохвалова являются создание творческого эффективно работающего научного коллектива, его умение сконцентрировать и вдохновить сотрудников на решение крупных задач. Важной особенностью возглавляемой им лаборатории был мультидисциплинарный подход в изучении новых явлений и материалов, при котором в исследованиях участвовали специалисты разного профиля: магнитчики, оптики, технологи, структурщики, специалисты в области транспортных свойств, СВЧ и резонансных явлений. Такой подход, сейчас общепризнанный в мировой науке, в значительной мере обеспечивал успех исследований и новые достижения лаборатории.

В разное время с А.А. Самохваловым работали научные сотрудники лаборатории М.И. Симонова, Б.В. Карпенко, А.Я. Афанасьев, Ю.Н. Морозов, С.А. Исмаилов, Н.И. Солин, В.С. Бабушкин, Т.И. Арбузова, Н.Н. Лошкарева, Б.А. Гижевский, А.Ф. Гуничев, Л.Д. Фальковская, Н.М. Чеботаев, Н.А. Виглин, О.Л. Магат, Ю.П. Сухоруков, В.В. Осипов, В.А. Костылев, И.Ю. Шумилов, Н.А. Морозова, С.В. Наумов, И.Б. Смоляк, Г.К. Показаньева, Н.В. Костромитина.

Научный путь Алексея Андреевича Самохвалова непосредственно связан со значительным развитием науки во второй половине XX в., отражает узловые

моменты, фундаментальную направленность в сочетании с поиском новых материалов и практических применений.

Для будущих поколений творческая деятельность Алексея Андреевича – яркий пример преданности своему долгу и беззаветного служения науке. В этом юбилейном для Института 2012 году Алексею Андреевичу исполнилось бы 85 лет...

*Н.Н. Лошкарёва*

### Список литературы

1. *Klinger M.I., Samokhvalov A.A. Electron conduction in magnetite and ferrites // Phys. Status Solidi (b), 1977, Vol. 79, P. 9–48.*
2. *Самохвалов А.А. Магнитные редкоземельные полупроводники // Редкоземельные полупроводники. Л.: Наука, 1977. С. 5–47.*
3. *Samokhvalov A.A., Viglin N.A., Gizhevskii B.A., Arbuzova T.I., Chebotaev N.M. Magnetic polaron in EuO // Phys. Status Solidi (b), 1988, Vol. 148, P. 361–367.*
4. *Samokhvalov A.A., Osipov V.V., Solin N.I., Gunichev A.F., Korenblit I.A., Galdikas A.P. Electron-magnon interaction in magnetic semiconductors // JMMM, 1984, Vol. 46, P. 191–198.*
5. *Osipov V.V., Viglin N.A., Samokhvalov A.A. Investigation of heterostructure “ferromagnetic semiconductor-semiconductor” in the millimeter and submillimeter microwave range // Physics Letters A, 1998, Vol. 247, P. 353–359.*

---

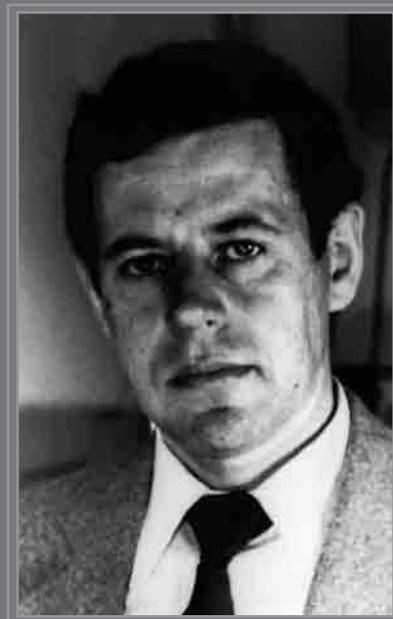
# Владимир Ермолаевич СТАРЦЕВ:

## фермиология жизни

Владимир Ермолаевич Старцев родился 8 марта 1939 г. в Москве в семье педагогов. Доктор физико-математических наук (1986 г.), профессор (1991 г.). Был заведующим отделом электронных свойств и заведующим лабораторией низких температур.

Отец Владимира Ермолаевича – Ермолай Кириллович – был директором детского дома для детей испанских рабочих, мать – Зинаида Федоровна Черногорова – была учителем биологии. Ермолай Кириллович рано ушел из жизни (1940г.), и сына она воспитывала одна. Зинаида Федоровна была хорошо образованным человеком: в 1926 г. – она закончила естественное отделение физико-математического факультета Пермского государственного университета. Слушала лекции Александра Германовича Генкеля (1872 –1927 г.) – известного российского ученого-биолога, педагога и просветителя, специалиста в области морфологии, биологии и систематики низших организмов, одного из основателей Пермского государственного университета, участника создания Энциклопедического словаря Брокгауза и Эфрона. В Екатеринбурге (потом Свердловске), затем снова в Екатеринбурге, жили они в доме деда Владимира Ермолаевича – Федора Ивановича Черногорова на улице Клары Цеткин. Эта улица в центре города выходила прямо к городскому пруду в районе нынешнего киноконцертного театра «Космос» вблизи знаменитого Ипатьевского дома. Это был небольшой двухэтажный дом, принадлежавший деду В.Е. Старцева и целиком заселенный многочисленными родственниками Владимира Ермолаевича. Этого дома давно уже нет. Сейчас на этой улице остался всего один дом под номером 10. Дед В.Е. Старцева Федор Иванович Черногорова был человеком на Урале заметным: у Зинаиды Федоровны хранилось блюдо знаменитого каслинского литья, отлитое в честь юбилея Ф.И. Черногорова с надписью «Федору Ивановичу Черногороду – кыштымские рабочие в день юбилея». Трудно уже установить, что это был за юбилей, но блюдо осталось.

---



Володя Старцев после окончания с серебряной медалью средней школы поступил учиться на физический факультет Уральского государственного университета им. А.М. Горького. В те годы факультет был тесно связан с Институтом физики металлов АН СССР, в его лабораториях многие студенты, начиная с третьего-четвертого курса проходили практику, выполняли курсовые и дипломные работы, сотрудники ИФМ читали в УрГУ лекции. Такой же студенческий путь прошел и Владимир Ермолаевич, получив диплом с отличием. По окончании университета 5 июля 1962 г. он был принят в ИФМ на должность старшего лаборанта (с окладом в 98 руб.) в недавно созданную лабораторию низких температур (ЛНТ), в которой прошла вся его научная жизнь. В 1986 г., став доктором физико-математических наук, он принял руководство этой лабораторией.

Первыми наставниками В.Е. Старцева были Н.В. Волкенштейн и Ю.Н. Циовкин, в то время еще кандидаты наук. Молодому сотруднику было поручено изучение электрических и гальваномангнитных свойств ряда редкоземельных металлов: от гадолиния до лютеция в широкой области температур вплоть до температур жидкого гелия. Позднее для получения температур от 0.38 до 2.30 К В.Е. Старцевым была введена в эксплуатацию установка с откачкой сверхтекучего  $He_3$  конструкции Б.Н. Есельсона, Б.Г. Лазарева, А.Д. Швеца. Эта установка прослужила до 1969 г.

Нужно отметить, что в начале 1960-х гг. в СССР появились сравнительно чистые по тем временам (99.9 %) редкоземельные металлы английской фирмы «L.Light». В ЛНТ интерес к ним сохранялся около двух десятков лет: эти металлы являются переходными элементами с незаполненной внутренней  $4f$ -оболочкой. Их исследование В.Е. Старцев вел комплексно: наряду с измерением электросопротивления измерялся и эффект Холла. Характеристики этих эффектов – тонкие индикаторы особенностей электронной структуры – дают возможность определять концентрацию и знак носителей заряда, природу механизмов рассеяния, температуру фазовых, в том числе магнитных превращений. Результаты этих работ содержатся в первых печатных работах Старцева (с соавторами) в журнале «Известия АН СССР. Серия физическая» (1964 г.) и сборнике «Вопросы теории и применения РЗМ и сплавов» (1963 г.). Последующие годы он посвятил анализу вкладов разных механизмов рассеяния электронов проводимости, таких как рассеяние на примесях, дефектах, элементарных возбуждениях (фононах, магнонах) и других в электросопротивление РЗМ. Результаты исследований были удостоены диплома ВДНХ СССР в 1968 г., а затем, в 1973 г., вошли в обзор, написанный по заказу редколлегии журнала «Physica Status Solidi B».

В 1960-е гг. прошлого века сформировалась новая область физики твердого тела – фермиология, занимающаяся изучением реальных электронных спектров, поверхностей Ферми (ПФ), характеристик состояний электронов проводимости и их связи с электронными свойствами металлических кристаллов. При рассмотрении большинства физических свойств металлов часто достаточно иметь сведения не обо всем энергетическом спектре электронов проводимости, а лишь о его характеристиках вблизи ПФ. Используя особенности геометрии ПФ конкретного металла, можно найти новые электронные эффекты, связанные с переносом заряда, тепла, электромагнитных и звуковых возбуждений на заданных траекториях в чистых и совершенных металлических кристаллах. Сложившаяся ситуация в электронной физике металлов указывала на принципиальную возможность «управления» движением электронов проводимости в металле. Идею

проведения таких исследований в лаборатории низких температур ИФМ активно поддерживал академик С.В. Вонсовский. Действительно, данная возможность в институте становилась реальной по комплексу причин: 1) наличие низких температур (до 0.38 К); 2) появление чистых и совершенных монокристаллов переходных металлов; 3) наличие измерительной техники высокой чувствительности; 4) возникновение сверхпроводящих соленоидов для создания сильных магнитных полей. Самой актуальной проблемой было получение ультрачистых монокристаллов переходных металлов. На этом пути приходилось обращаться к ряду предприятий, имеющих опыт работы с ультрачистыми металлами, заключать договора о научно-техническом содружестве, развивать физические методы рафинирования металлов и последующего выращивания из них монокристаллов. (W, Mo, Ta, Nb вырастили в ИФМ Р.Ш. Насыров, Д.М. Тагирова, В.Г. Манакос; Ru, Re, Os, V – в Украинском физико-техническом институте, г. Харьков, – В.М. Ажажа, Г.П. Ковтун, В.А. Еленский.)

Через всю свою творческую жизнь В.Е. Старцев пронес глубокий интерес к этой тематике. Поэтому такое необычное название носит и статья о нем. Эти труды завершились защитой кандидатской диссертации в 1968 г. и докторской – в 1986 г.

Заметим, что управление переносом заряда в металле, находящемся во внешнем магнитном поле, – это «игра», имеющая свои правила. Одно из них заключается в том, что магнитное поле нужно ориентировать относительно металлическо-



Обсуждение результатов эксперимента. А.Н.Черепанов, В.В. Гудков, В.Е. Старцев

го кристалла так, чтобы экстремальные сечения ПФ в плоскости, перпендикулярной этому полю, имели особые «горячие» точки. Это могут быть места наибольшего сближения: либо точки касания разных листов ПФ, либо очень узкие слои открытых направлений на ПФ. Именно в таких точках в сильных полях может происходить магнитный пробой – квантовое туннелирование электронов проводимости через энергетическую щель, а в промежуточных полях – температурный (фононный) пробой – индуцирование фононами перебросов электронов проводимости через энергетическую щель, изменяющие в итоге вид электронных траекторий.

Систематическое изучение роли локальных особенностей ПФ в формировании электронных транспортных свойств в перечисленных выше металлах позволило обнаружить новые электронные эффекты. В качестве примеров приведем следующие. В переходных металлах кубической и гексагональной симметрии впервые обнаружен и исследован эффект температурного пробоя. Изучено влияние магнитного поля на магнитотермоэлектрические свойства и установлены магнитопробойные осцилляции коэффициента Нернста – Эттингсгаузена. Обнаружена нечетная по магнитному полю термоэдс, возникающая при реализации узких слоев открытых магнитопробойных траекторий. Установлено, что в переходных металлах реализация магнитопробойных траекторий любого типа – открытых, замкнутых или пространственной сетки – сопровождается квантовыми осцилляциями термоэдс, коэффициента Нернста – Эттингсгаузена и магнитосопротивления.



Локальный вечерний семинар во время пандемии гриппа. В обсуждении методов лечения участвуют А.П. Танкеев, В.Е. Старцев, В.И. Черепанов, В.И. Окулов, В.В. Николаев, В.Е. Найш. (Песчанка, «Коуровка», 1975 г.)



Майская демонстрация 1971 г. Е.А. Туров, В.Е. Старцев, А.П. Танкеев

Для выяснения причин существенного различия топологических свойств ПФ структурных и электронных аналогов рутения и осмия и обоснования различного поведения гальваномагнитных и магнитотермоэлектрических свойств В.Е. Старцевым изучены  $g$ -факторы электронов проводимости в этих металлах. Такие исследования дают информацию о величине спин-орбитального расщепления и его влиянии на структуру электронного спектра и как следствие на тонкие особенности топологии и локальной геометрии ПФ. В.Е. Старцевым впервые были измерены  $g$ -факторы гексагональных переходных металлов с помощью эффекта де Газа – ван Альфена. Данная работа выполнена в Канаде по приглашению Национального исследовательского совета в университетах Торонто и Кингстона в 1982 г. (принимающая сторона: P.T. Coleridge, J.M. Templeton, J.M. Perz, E. Fawcett). Нужно отметить, что приглашение в Канаду последовало после удачных выступлений на международных конференциях по физике переходных металлов (Торонто, Канада, 1977 г., приглашенный доклад; Гренобль, Франция, 1978 г.; Лидс, Англия, 1980 г.).

Большое значение для развития этих исследований имело создание в конце 1960-х гг. Международной лаборатории сильных магнитных полей и низких температур во Вроцлаве (Польша), возглавляемой в те годы сотрудником Института физических проблем АН СССР чл.-корр. АН СССР Н.Е. Алексеевским. Многие сотрудники ЛНТ (в том числе В.Е. Старцев, 1980, 1989, 1996 – 1997 гг.) проводили там научные исследования. Часть измерений гальваномагнитных свойств В.Е. Старцев выполнил в МГУ на физическом факультете у проф. Ю.П. Гайдукова, 1984 – 1985 гг.

Владимир Ермолаевич Старцев много внимания уделял изучению механизмов рассеяния электронов в ультрачистых монокристаллах переходных металлов



«Мороз и солнце»  
В.Е. Старцев и В.И. Окулов на лыжной прогулке

в отсутствие магнитного поля. Были исследованы такие явления, как электрон-электронное и электрон-фононное рассеяние, размерный эффект при низких температурах и зависимость коэффициента зеркальности от типа кристаллографической грани при отражении электронов от поверхности образца. К ним также относится интерференционный механизм электрон – фонон – поверхность», обнаруженный во всех переходных металлах высокой чистоты.

В ультратонких компенсированных металлах в сильных магнитных полях не только топологические особенности ПФ, но также рассеяние электронов на поверхности кристаллов, приповерхностных дефектах кристаллической решетки и фононах определяют особенности переноса. Рассеяние электронов проводимости в таких металлах на поверхности проводника может приводить к статическому скин-эффекту (ССЭ), при котором плотность постоянного электрического тока у поверхности значительно (на несколько порядков) может превышать плотность тока в объеме кристалла. ССЭ определяет поведение явлений переноса, приводя к новым электронным эффектам. (Экспонента Пайерлса в температурной зависимости магнитосопротивления, дислокационный (деформационный) пробой, тепло-

вой аналог ССЭ для теплового потока, а также другие гальваномагнитные и магнитотермоэлектрические явления в сильных магнитных полях и при больших плотностях электрического тока.) Электронные транспортные свойства в условиях ССЭ подробно рассмотрены в работах учеников В.Е. Старцева А.Н. Черепанова и В.В. Марченкова.

В 1970 – 1980 гг. приборостроительной промышленности потребовалось расширить номенклатуру резистивных сплавов. Требовался большой набор материалов для изготовления проволочных переменных потенциометров, способных работать в разных температурных интервалах от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+450^{\circ}\text{C}$ . К резистивным материалам обычно предъявляют жесткие требования: 1) оптимальные электрические параметры, в том числе низкие температурные коэффициенты сопротивления; 2) температурно-временная стабильность; 3) высокие механические характеристики: прочность, пластичность, твердость; 4) высокая коррозионная стойкость; 5) желательно, чтобы сплавы были упорядочивающимися в структурном отношении. Таким требованиям хорошо удовлетворяют сплавы на основе благородных металлов: Au, Ag, Pd, Pt. Поэтому немаловажным оставался вопрос о стоимости продукции, сокращении содержания дорогостоящих метал-

лов и замены их на другие переходные металлы. Важной задачей также являлось выяснение механизмов электропроводности сплавов, что было необходимо для формирования принципов прогнозирования оптимального состава и структуры, отвечающих эксплуатационным условиям их использования.

Работы проводились в рамках Генерального договора УНЦ АН СССР и Минцветмет СССР и хоздоговоров со свердловским заводом ОЦМ МЦМ СССР (дир. Н.И. Тимофеев, гл. инж. А.А. Куранов) и кафедрой физики УПИ (П.В. Гельд, Л.П. Зеленин, Ю.Г. Игнатенко и др.) практически непрерывно с 1975 по 1992 г. До 1985 г. Владимир Ермолаевич был ответственным исполнителем, а с 1985 г. – руководителем работ. В результате проделанной поисковой и исследовательской работы получены новые высоко-(Pd – Au – V), средн-(Pd – Cr – Fe, Pd – Cr – Ni) и низкоомные (Pd – Cu – Ni) прецизионные резистивные сплавы с меньшим содержанием дорогостоящих компонентов, предложены составы и режимы оптимальной термической обработки для них. Кроме того, в классе высокоомных соединений важным преимуществом при изготовлении сплавов в условиях заводской технологии являлась устойчивость их электрических параметров к значительным колебаниям химического состава и степени деформации сплава.

Разработанные и рекомендованные сплавы были защищены рядом авторских свидетельств, успешно прошли промышленные испытания в составе готовых приборов, показали высокую эффективность и были внедрены в производство на свердловском заводе ОЦМ и киевском производственном объединении «Электроприбор».

Обладая несомненным педагогическим даром, сын учителей Владимир Ермолаевич всегда был занят в каком-либо образовательном процессе. С началом трудовой деятельности в ИФМ он читал лекции и проводил практические занятия на подготовительных курсах в УПИ. Позднее эта миссия постепенно переходила к его ученикам. Под его руководством выполнены многие курсовые и дипломные работы, нередко отмечаемые в вузах как лучшие. В шести кандидатских диссертациях, защищенных в лаборатории в период с 1971 по 1990 гг., непосредственно он ставил задачи и формулировал темы, был организатором, советчиком и помощником при их выполнении. В руководимой им группе всегда был исключительно творческий и дружественный климат. Двое из его учеников (А.Н. Черепанов и В.В. Марченков) позднее стали докторами наук. С 1983 г. В.Е. становится доцентом, а с 1991 г. – профессором кафедры физики конденсированного состояния физфака УрГУ. С 1976 по 1983 г. он читал студентам курсы лекций «Свойства



Крым. Новый Свет. Август 1975 г.

веществ при низких температурах», «Электронная физика металлов», «Экспериментальные методы фермиологии», «Электронная структура и свойства металлов и сплавов». Большое участие В.Е. Старцев принял в организации и становлении базовой кафедры физики металлов УрГУ в ИФМ. Ему нравилось работать со студентами, он всегда находил время и место, чтобы пообщаться с молодежью, а студентам и аспирантам нравилось общаться с ним.

После защиты докторской диссертации в 1986 г. В.Е. Старцев заведовал отделом электронных свойств и лабораторией низких температур ИФМ УрО РАН, был членом ученого совета и научного совета института по проблеме «Электронная физика», специализированного совета по защитам докторских диссертаций, редколлегии журнала «Физика металлов и металловедение». В.Е.С. много лет состоял во Всесоюзном обществе «Знание» и выступал с просветительскими лекциями в разных городах Свердловской области. Много лет работал в составе библиотечного совета, помогая формировать библиотечный фонд наиболее актуальными научными журналами и книгами.

Владимир Ермолаевич Старцев очень любил море. Любил подолгу плавать. Любил Крым и Кавказское побережье, но все-таки больше – Крым, поселки Судак и ботанический заказник «Новый Свет» с одноименным поселком. Новый Свет – это очаровательный уголок Крыма, не похожий ни на какое другое место полуострова, с величественной горой Сокол, нависшими над морем утесом Караул-Обы и горой Коба-Кая, лазурными бухтами и бухточками – Зеленой, Синой, Голубой со знаменитым Царским пляжем. Незабываемая картина, сотворенная природой.

Жизнь Владимира Ермолаевича Старцева трагически оборвалась 5 марта 2001 г.

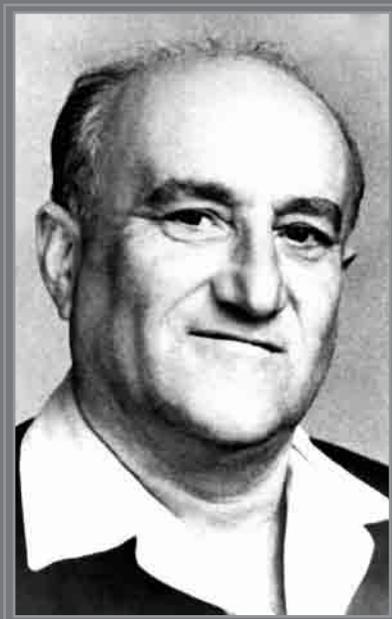
Тепло написал о Владимире Ермолаевиче Старцеве бывший сотрудник нашего института, теоретик Андрей Владимирович Кравцов в заключении своей кандидатской диссертации «Движение дислокаций в кристаллах с высоким рельефом Пайерлса», защищенной в Совете по защитам диссертаций ИФМ УрО РАН 31 января 2003 г.: «Эту работу я посвящаю памяти Владимира Ермолаевича Старцева, который, несмотря на очевидную разницу между нами в возрасте и служебном положении, был моим добрым другом и, по моему мнению, истинным ученым, обладавшим ярким талантом экспериментатора и не обремененным гнетом тщеславия».

*В.П. Дякина, В.В. Марченков, А.П. Танкеев*

### Список литературы

1. Volkenshtein N.V., Dyakina V.P., Startsev V.E. Scattering Mechanisms of Conduction Electrons in Transition Metals at Low Temperatures // *Phys. Status Solidi (b)*, 1973, Vol. 57, P. 9–42.
2. Волкенштейн Н.В., Дякина В.П., Старцев В.Е., Ажажа В.М., Ковтун Г.П. Электронная структура рутения. Гальваномагнитные эффекты // *ФММ*, 1973, Т. 38, № 4, С. 718–737.
3. Старцев В.Е., Черепанов А.Н., Дякина В.П., Волкенштейн Н.В., Ковтун Г.П., Еленский В.А., Ажажа В.М. Кинетические свойства рутения в условиях магнитного пробоя. Гальваномагнитные эффекты // *ЖЭТФ*, 1979, Т. 77, № 1, С. 193–208.

4. Старцев В.Е., Черепанов А.Н., Дякина В.П., Волкенштейн Н.В., Ковтун Г.П., Еленский В.А., Ажажа В.М. Кинетические свойства рутения в условиях магнитного пробоя. Магнитотермоэлектрические эффекты // ФММ, 1979, Т. 48, № 4, С. 780–790.
5. Волкенштейн Н.В., Черепанов А.Н., Старцев В.Е. Квантовые осцилляции термоэдс осмия в сильных магнитных полях // Письма в ЖЭТФ, 1980, Т. 31, № 11, С. 678–681.
6. Старцев В.Е., Дякина В.П., Черепанов В.И., Волкенштейн Н.В., Насыров Р.Ш., Манаков В.Г. О квадратичной температурной зависимости электросопротивления вольфрама. Роль поверхностного рассеяния // ЖЭТФ, 1980, Т. 79, № 4, С. 1335–1344.
7. Черепанов А.Н., Марченков В.В., Старцев В.Е. Гальваномагнитные свойства монокристаллов молибдена при статическом скин-эффекте в сильных магнитных полях // ФММ, 1991, № 12, С. 65–71.
8. Marchenkov V.V., Cherepanov A.N., Startsev V.E., Czurda C., Weber H.W. Temperature breakdown phenomena in tungsten single crystals in high fields // J. Low Temp. Physics, 1995, Vol. 98, N 5-6, P. 425–447.



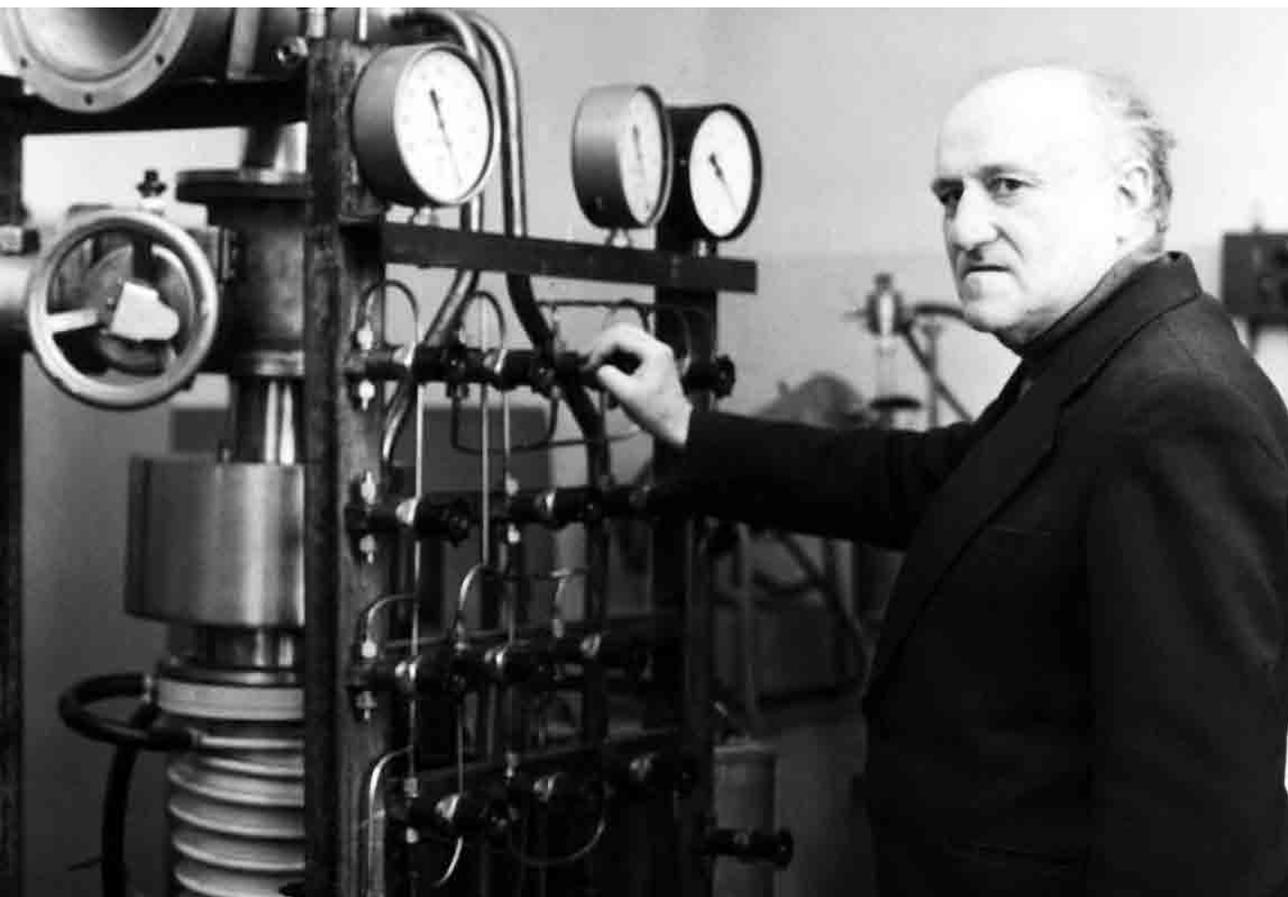
---

## Профессор Нахим Вениаминович ВОЛКЕНШТЕЙН

В 2013 г. исполняется 100 лет со дня рождения моего отца (но я буду писать дальше «папы», потому что слова «отец» и «мать» в нашей семье как-то не были приняты), профессора Нахима Вениаминовича Волкенштейна. Хочется вспомнить о нем в юбилейный год Института физики металлов, потому что и институт в его жизни занимал очень большое место, и он, я полагаю, внес немалый вклад в развитие нашего замечательного института. Грустно сознавать, что старая гвардия уходит, а молодые часто уже и не знают, кем, как и когда был создан этот институт. В данном смысле очень полезны институтские юбилеи, к которым вся история представляется и в докладах нашего директора, и в специально выпускаемых сборниках.

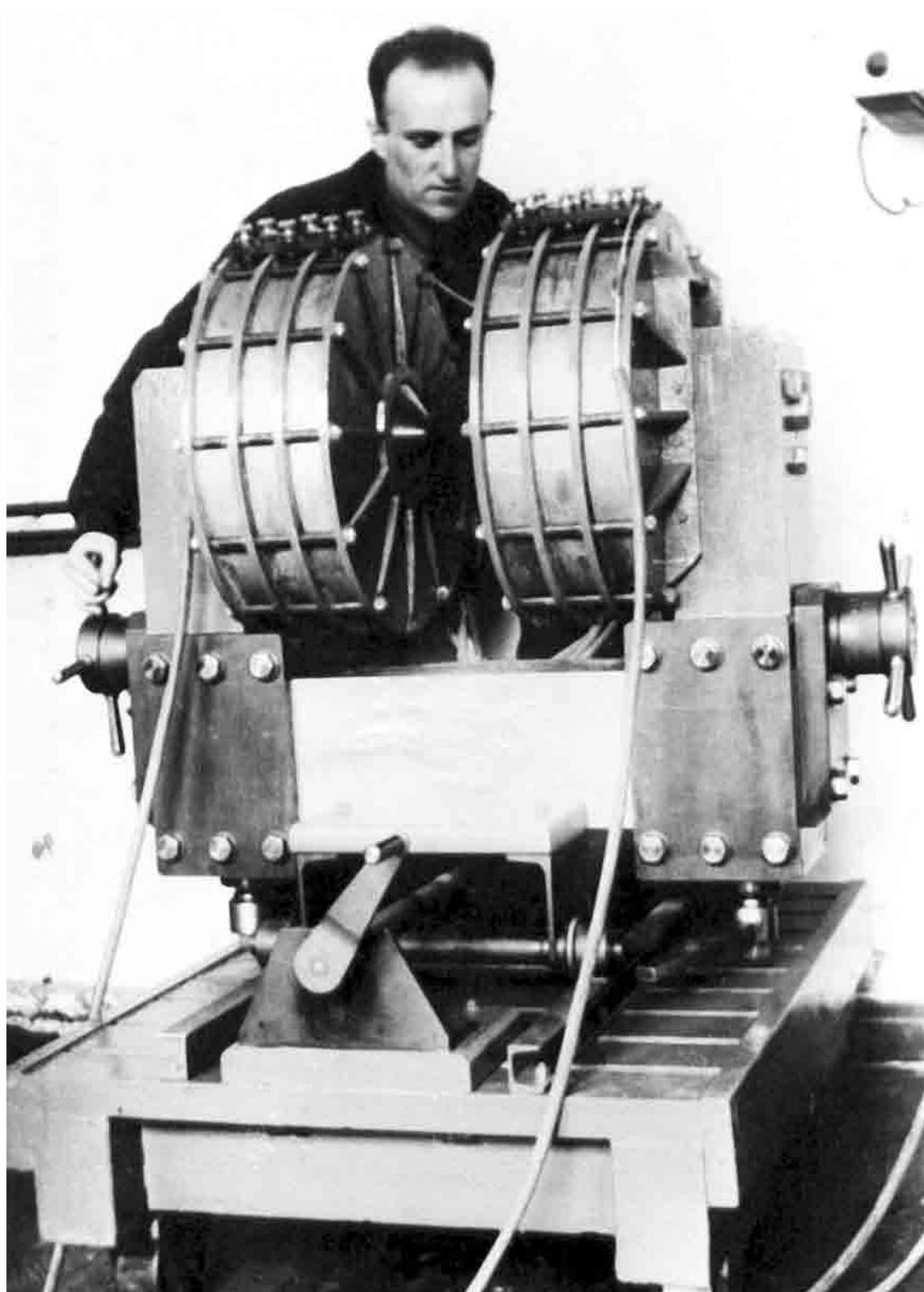
Если говорить о папиной истории, то она началась в Иркутске, где он родился в 1913 г. Мальчик из бедной еврейской семьи, он начал работать с 16 лет сначала подручным электромонтера, а потом электромонтером. В 19 лет он поехал в Свердловск учиться, поступил в Уральский индустриальный институт (так тогда назывался УПИ). Впоследствии всю их группу перевели в Ленинград, где он окончил институт в 1938 г. Проработав год на Лысьвинском металлургическом заводе, папа поступил в аспирантуру ИФМ, после он проработал в этом институте всю жизнь (с перерывом на фронт в 1942 – 1943 гг.). Сначала он был научным сотрудником лаборатории фазовых превращений, потом ученым секретарем института, а затем с 1954 г. он создал лабораторию низких температур, которой руководил по 1986 г. Последние четыре года он был ведущим научным сотрудником и в 1990 г. ушел, потому что почувствовал, что здоровье уже не позволяет работать в полную силу. С созданием лаборатории низких температур на Урале было впервые налажено производство жидкого гелия и водорода для проведения экспериментов при низких температурах. Позднее Волкенштейн оказал большую помощь в создании гелиевой базы УрГУ и УПИ, а также кафедры физики низких температур в Уральском государственном университете, где в те-

---



У криогенной установки, 1970-е гг.

чение многих лет преподавал физику низких температур. Н.В. Волкенштейн внес существенный вклад в физику твердого тела. Он был членом Совета АН СССР по проблеме «Физика низких температур», под его руководством исследованы гальвано- и терромагнитные свойства ультрачистых монокристаллов  $d$ -металлов, открыт эффект температурного пробоя, изучено явление однонаправленной анизотропии в соединениях  $3d$ -переходных металлов. Его исследования электро- и теплофизических свойств РЗМ были новаторскими и получили всеобщее признание. Значительное внимание было уделено рассмотрению сверхпроводящих материалов, открыта сверхпроводимость в лютетии. В центре его интересов были особые свойства разупорядоченных систем, явление сосуществования ферро- и антиферромагнитного состояний. Он соавтор 200 научных работ (список некоторых из них приведен далее), среди его учеников 3 доктора и 30 кандидатов наук. Его жизнь – пример беззаветного служения науке, и в памяти коллег и учеников он навсегда остался человеком неистощимой работоспособности и оптимизма, удивительной общительности и доброты – так написал о нем к 90-летию юбилею доктор наук А.Ф. Прекул, один из старейших сотрудников этой лаборатории.



Н.В. Волкенштейн у электромагнита конструкции В.С. Аверкиева.  
Лаборатория фазовых превращений, 1939 г.

Вернусь к своим воспоминаниям о папе, о человеке, который так много значил в моей жизни и жизни моей сестры, что даже специальность мы выбрали такую же, как название его любимого института – физика металлов. Старшая сестра стала кандидатом физ.-мат. наук, сейчас проживает в Израиле, преподает физику и электротехнику. А я поступила сразу после УПИ в «папин» институт, где и работаю по сей день, защитив недавно докторскую диссертацию. Я являюсь соавтором монографии, в посвящении к которой написано: «Нашим учителям – академику В.Д. Садовскому, профессору Н.В. Волкенштейну, профессору Н.Н. Буйнову»<sup>1</sup>. К счастью, в нашем замечательном институте работает и мой муж, профессор Владимир Владимирович Попов, он заведует лабораторией диффузии.

Мы отпраздновали папин 80-летний юбилей 14 июля 1993 г. Он был весел, бодр, выглядел гораздо моложе своих лет, и невозможно было представить, что этот юбилей – последний! Праздновали только своей семьей, а поскольку это самый «мертвый» сезон в институте, период всеобщих летних отпусков, то и никаких официальных звонков и поздравлений не было. Может быть, в глубине души его это задело, но внешне он никак это не проявил. Вообще он юбилеев не любил, и для него их организация, к которой вроде бы положение обязывало, всегда была скорее тяжким испытанием, нежели удовольствием. Но если бы кто-то увидел его в тот день, то согласился бы со мной, что юбиляр в прекрасной форме. Вообще, я думаю, он остался в памяти всех сотрудников молодежью, подтянутым, энергичным мужчиной и никто бы не назвал его стариком. При всей любви и привязанности к институту, он ушел, как только почувствовал, что слабеет, что уже не всегда может быть в хорошей форме. Не хотел, чтобы его видели немощным и слабым. Именно по этой причине увольнение и уход на пенсию оформляла за него я, ему это было бы слишком тяжело.



Сидят: В.П. Дякина, Н.В. Волкенштейн.  
Стоят: В.И. Черепанов, В.Е. Старцев



Юбилей. 70 лет.  
М.Н. Михеев, К.Б. Власов, В.Н. Волкенштейн, 1983 г.

<sup>1</sup> Романов Е.П., Сударева С.В., Попова Е.Н., Криницина Т.П. Структура и свойства низкотемпературных и высокотемпературных сверхпроводников и композитов на их основе. Екатеринбург, 2009. 516 с.



В.И. Архаров, Н.В. Волкенштейн, М.М. Носков  
На Чусовой, 1940 г.



Ветеран Великой Отечественной войны

Все люди, к которым я подходила с обходным листком и прочими бумажками, удивлялись, что Волкенштейн уходит. Все говорили о нем много хорошего, и мне было очень приятно. Это было в 1990 г., ему исполнилось тогда 77. Думаю, что решение об уходе далось ему нелегко, и хотя он больше ни разу не переступил порог института, но не переставал очень живо интересоваться его жизнью. Он всегда задавал мне сразу два вопроса: как дети, и что в институте? Это очень четко отражает круг его интересов. Он был привязан к семье и любил работу, свою лабораторию, которая была второй семьей. Он очень близко к сердцу принимал проблемы сотрудников, не только касающиеся науки, но и личные, и почти всех сотрудников я знала с самого детства, потому что он часто рассказывал о них. А что касается его все-таки главной семьи, нашей семьи, то тут разговор особый. Конечно, каждый человек своеобразен и чем-то интересен, но все же я смею считать, что папа был человек совершенно особенный именно в отношении семьи. В мае 1945 г., на банкете в УФАНе, посвященном празднованию Победы, он познакомился с молоденькой девушкой, которую пригласила туда подруга, и в один день судьба его была решена. В записной книжке появилась одна короткая запись: «Она — Нэллочка, и этим все сказано!». Вы, конечно, догадались, что это была моя мама. Так она и осталась для него на всю жизнь любимой Нэллочкой. Никогда никак иначе он ее не называл. Поженились они 26 июня того же года, через полтора месяца после знакомства, причем его еще за эти полтора месяца посылали на две недели в колхоз. Никакой свадьбы у них не было, тогда это не очень было принято, они просто зашли в ЗАГС, расписались и отправились в кино на «Тетку Чарлея». Эта комедия стала их любимой на всю жизнь. И 48 лет 26 июня папа дарил маме цветы. Я так мечтала, что мы отпразднуем их золотую свадьбу, но Бог не дал. Тогда, в 1993 г.,

он был уже очень болен, но бодрился, и даже отпустил маму на полтора месяца в Израиль в гости к старшей дочери. Я осталась жить с ним, и буквально на глазах ему становилось все хуже и хуже, но как он ее ждал! Не могло быть и речи, чтобы вызвать маму раньше, он ни за что бы не согласился испортить ей поездку. Хотя к моменту ее возвращения он был уже очень плох (ему оставалось жить меньше месяца), он заставил меня испечь какой-то экзотический торт, накрыть праздничный стол, пригласить наших друзей (я имею в виду моих и моего мужа), а сам оделся в костюм и сел с нами за стол. Только потом я поняла, какой это был подвиг, и сколько мужества ему понадобилось, потому что он уже очень плохо себя чувствовал. Он думал в тот момент только о том, чтобы не огорчить маму. Его первые слова были: «Ты не виновата!». Если бы он не скрывал свое состояние, мама ни за что бы не уехала, а ему так хотелось доставить ей удовольствие. Я упомянула, что были приглашены наши друзья. Да, не удивляйтесь, у папы были прекрасные отношения с друзьями моего мужа, а их жены его просто обожали. Вообще он всегда любил женщин, ценил их ум, красоту, обаяние, и они, я думаю, многие ему симпатизировали, но при этом он оставался всю жизнь самым верным и преданным мужем. Когда была возможность, он брал маму с собой в командировки, приглашал на банкеты, очень радовался, когда она танцевала, веселилась, хорошо проводила время. Жизнь сложилась так, что мама не работала, а посвятила всю себя мужу и дочерям, но зато они создали вместе прекрасную дружную семью, в которой всем было тепло и комфортно.

В детстве я не ценила и не замечала этого, как мы не замечаем воздух, которым дышим, пока его хватает. А ведь на самом деле «нормальных», счастливых семей не так уж много и создаются они не так уж просто! Каким был папа в семье? Очень демократичным, даже мягким, дочерей обожал, особенно меня, младшенькую, и даже, казалось бы, баловал, но если в чем-то большом и серьезном он принимал решение, то был тверд, как скала. Никаких особых хобби у него не было, он с радостью шел утром на работу и с удовольствием возвращался вечером домой. Отпуск любил проводить вместе с семьей, обычно мы куда-нибудь ездили «дикарями», на юг или в Прибалтику, потому что дачи никогда у нас не было, садоводством он не увлекался, хотя просто бывать на природе любил, а в молодости немало путешествовал по Уралу, сплавлялся на байдарках. Дома он любил и умел все делать сам. У нас никогда не было проблемы оторванных крючков, тупых ножей, текущих кранов. Он терпеть не мог беспорядка, его не надо было пилить с утра до вечера, что что-то нужно сделать. Он находил и устранял все неполадки сам. Мог починить телевизор, холодильник, стиральную машину, умел и любил готовить. Обожал сочинять какие-нибудь экзотические блюда из всех имеющихся в доме продуктов, называя их «ирландское рагу» или что-нибудь в этом роде.



С дочерью Татьяной, 1948 г.



«Коуровка», Н.И. Коуров, С.В. Ярцев, Н.В. Волкенштейн, В.Е. Старцев, 1980-е гг.



Б.Г. Лазарев, М.Н. Михеев, Л.С. Лазарева, С.В. Вонсовский, Н.В. Волкенштейн

Иногда ему от мамы доставалось и приходилось съедать все самому, притворяясь, что вкусно.

Вообще у нас было в жизни столько веселых моментов, о которых я так люблю вспоминать! Увство юмора у него было замечательное. Например, однажды, когда начались перебои со сливочным маслом, а сметана еще была, он решил наладить домашнее производство масла. Но вручную работать венчиком ему было, конечно, не интересно, поэтому он решил механизировать этот процесс. Естественно, когда мамы не было дома, он принес килограмм самой лучшей жирной сметаны, слил в 3-литровую банку, обмотал полотенцем и поставил... в центрифугу стиральной машины «Сибирь»! Врубил мотор, раздался взрыв, и через несколько секунд картина была такая: папочка весь в сметане, в ванной и коридоре все стены и двери в сметане, мы с сестрой катаемся от хохота по полу и тут приходит мама! Предваряя какие бы то ни было высказывания с ее стороны, папа сказал: люди ходят на Райкина, платят по 5 рублей за билет, а разве там они смогут так посмеяться? Ну что могла на это возразить наша мама! Или другой случай эпохи начала «дефицита». Мама пришла очень довольная, с пятью банками «лососа натурального», купленного в гастрономе с рук у какого-то алкаша, который якобы их получил за разгрузку вагонов. Мама хотела их отложить, чтобы к какому-то празднику сделать пирог. Но когда она ушла, папа предложил одну баночку открыть и по-

пробовать (зачем на пирог так много!). Открываем – а там знаменитый «Завтрак туриста», рыбокрупяной фарш в томатном соусе, по 33 копейки за банку, помните такой? Мама приходит, а папа ей с порога: «Ты рюкзак купила?» – «Какой еще рюкзак, зачем?» – «Но ты же у нас туристка теперь!». Больше всего он радовался, что это не его так надули, а то бы ему досталось. Тут же поехал, купил тесто и сделал «туристический» пирог и очень огорчился, что мама сочла его несъедобным и выбросила! В общем жили мы весело. В наши дела и учебу папа сам никогда не лез, но если что-то спрашивали, всегда помогал. На оценки реагировал совершенно спокой-

но (в отличие от мамы, которой очень хотелось, чтобы мы во всем были первые). Мог сказать: «Круглые отличники – круглые дураки!» или что-нибудь в этом роде (это уже когда у старших внуков были проблемы с учебой в начальных классах, забывая при этом о моей медали), лишь бы мама, теперь уже бабушка, их не доставала и сама не расстраивалась. Я часто цитирую папу, потому что у него было много находок и крылатых выражений. Например, когда наши дети не довольны нами, я всегда им говорю: «Дедушка предупреждал, что нужно быть очень осторожными в выборе родителей!». Я твердо знаю, что уж мне-то в этом



70-летие Н.В. Волкенштейна

«выборе» необычайно повезло! Конечно, жизнь не всегда была простой и безоблачной. И в семье, и на работе проблем хватало. Любой руководитель даже самой маленькой группы согласится со мной, что 30 лет возглавлять лабораторию – это очень нелегкий труд. Бывали и конфликты, и обиды, и разочарования, и взаимное неприятие, но все-таки свою лабораторию и весь ее коллектив он очень любил, и я, полагаю, что и они его тоже, потому что, опять же по одному из его высказываний – любовь без взаимности – это нонсенс! О, я знаю, что сейчас на меня набросится куча разгневанных оппонентов – что же это за любовь, если ей обязательна награда в виде взаимности, а не любовь ли это по расчету, а истинная любовь существует сама по себе, но если хорошо и спокойно подумать, то вы, быть может, согласитесь, что чувства, которым не противоречит разум, ничуть не скуднее безумных и не рассуждающих страстей! Во всяком случае, я с папой в этом целиком согласна, как и во многом другом.

Вот уже почти 20 лет, как его не стало, а я помню каждую минуту из его последних дней. Так получилось, что последним словом его на этой земле было «Лена...». И я точно знаю, он хотел спросить, каков приговор врачей, которые только что осмотрели его и уехали на «скорой», потому что ему еще очень хотелось жить! Но он не успел досказать, не хватило сил. Потом над ним склонилась мама, он неожиданно сильно схватил ее одной рукой за кофточку, притянул к себе и посмотрел ей в глаза долгим взглядом, в котором было все: и любовь всей его жизни, и благодарность, и прощение... Потом он впал в забытие, и через двое суток его не стало. Услышав, что дедушка умер, моя дочка (ей тогда было 11) закричала, заплакала, а потом прорыдала в утешение то ли себе, то ли нам: «Но ведь дедушка прожил счастливую жизнь, правда?». И я с ней искренне согласилась.



В кабинете

Да, он прожил всю жизнь с любимой женой, воспитал дочерей, оставил прекрасный след в душе внуков, а созданная им лаборатория продолжает дело его жизни.

Е.Н. Попова

### Список литературы

1. Волкенштейн Н.В., Дякина В.П., Кумин П.Р., Старцев В.Е. Температурные зависимости и анизотропия коэффициента Холла монокристаллов Ta в области 4.5–300 K // ФММ, 1990, № 4, С. 96–101.
2. Щербаков А.С., Булатов Е.Н., Волкенштейн Н.В. Атомное туннелирование в сплавах с дальним кристаллическим порядком // ФТТ, 1987, Т. 29, № 4, С. 990–994.
3. Валиулин Э.Г., Волкенштейн Н.В., М.И. Кацнельсон, А.С. Щербаков. Двухуровневые системы и низкотемпературный минимум сопротивления в разупорядоченных сплавах переходных металлов на основе титана // ФММ, 1985, Т. 60, № 3, С. 499–507.
4. Volkenshtein N.V., Galoshina E.V., Kost M.E., Shubima T.S. Magnetic properties of the Sc-H system // Phys. Stat. Sol. (B), 1983, Vol. 117, N 1, P. K47-K52.
5. Матвеев В.А., Федоров Г.В., Волкенштейн Н.В. Термоэдс сплавов палладий-марганец: эффект фононного увлечения // ЖЭТФ, 1983, Т. 85, № 2, С. 561–568.
6. Startsev V.E., Volkenshtein N.V. Electronic structure and magnetic breakdown in ruthenium // Transition Metals, 1977, Vol. 39, P.66–70.
7. Volkenshtein N.V., Dyakina V.P., Startsev V.E. Scattering mechanisms of conduction electrons in transition metals at low temperatures // Phys. Stat. Sol. (B), 1973, Vol. 57, P. 9–12.

---

## Штрихи к портрету Сергея Константиновича СИДОРОВА

Я, дочь Сергея Константиновича, Татьяна, почитаю своего отца и горжусь им – ученым, решила написать свои отрывочные воспоминания.

Папа родился в г. Томске 7 апреля 1913 г. Очень интересна история, которая забросила сюда его родителей. Она связана со строительством Сибирской железной дороги (СЖД). Отец папы, Константин Феофанович Сидоров, происходил из белорусских крестьян, живших близ г. Могилева. Он приехал в г. Томск к родной сестре Людмиле Феофановне, которая была замужем за священником – отцом Евгением Гнедовским, обслуживающим участки строящейся СЖД в вагоне, оборудованном в виде церкви. Дети и внуки Гнедовских стали известными строителями и архитекторами и занимали посты зам. председателя Госстроя СССР, председателя Союза архитекторов. В настоящее время И.П. Гнедовский является академиком, а С.В. Гнедовский членом-корреспондентом Академии архитектуры. Мой дедушка, Константин Феофанович, в г. Могилеве закончил духовную семинарию и по приезде в г. Томск поступил на юридический факультет Томского университета. Мама Сергея Константиновича, моя бабушка Вера Александровна Карякина, происходила из старинной дворянской семьи, к тому времени обедневшей. Семья жила на заработок отца – Александра Ивановича Карякина в г. Орле, где он служил секретарем дворянского собрания. Мать бабушки, Франциска Эразмовна Неморшанская, происходила из небогатой польской дворянской семьи. У Веры Александровны были два брата, которые сыграли большую роль в ее судьбе и судьбе моего папы, Сергея Константиновича. Один из братьев, Кронид Александрович, окончил Железнодорожное техническое училище и работал в Томском управлении СЖД. К нему и приехала Вера Александровна. Будучи грамотной и образованной, она стала работать в Томском управлении СЖД машинисткой и зарабатывала до 100 рублей в месяц (деньги в то время не малые). Перевезла к себе мать, Фран-

---





Мама Вера Александровна с братом Анатолием, 1907 г.

диску Эразмовну. У них была 4-комнатная квартира, одну из комнат которой снимал студент-юрист К.Ф. Сидоров. В конечном счете, все закончилось браком. В новой семье было четверо детей – две девочки, рано умершие, и два мальчика – Сергей (папа) и Анатолий (дядя).

По окончании университета, дедушка стал работать в Переселенческом управлении (время великого переселения крестьян из собственно России в Сибирь). По роду занятий дедушки в 1913 г семья переехала из г. Томска на Алтай, где жила в различных селах Барнаульского уезда Томской губернии.

Переезд семьи Сидоровых в г. Свердловск связан со вторым братом моей бабушки – Виктором Александровичем Карякиным. Это был неординарный одаренный человек. После окончания Орловского реального училища Виктор Александрович поступил в Петроградский технологический институт, где учился вместе с писателем Алексеем Толстым и был его близким товарищем. Учась в Петрограде, Виктор Александрович был знаком с т. Красиным.

В 1920 г. по рекомендации Красина он был назначен зам. начальника Пермской ЖД (в г. Свердловске). Позднее Виктор Александрович работал в УПИ, где основал теплоэнергетический факультет и был одним из первых его профессоров и докторов наук. В это трудное (послереволюционное) время он выписал к себе мать, Франциску Эразмовну, и сюда приехала семья Сидоровых. Сергей и Анатолий души не чаяли в дяде. Их восхищали его обширные познания в математике, физике, астрономии, теплотехнике и технике, литературе и истории, его знание иностранных языков (в совершенстве владел английским, немецким и французским). Одним словом – блестящий представитель старой русской интеллигенции, скромный, добрый, принципиальный. Неудивительно, что после окончания девятилетки (тогда так было) мой папа мечтал только об одном – получить высшее образование и стать теплотехником. Но в то время дети служащих не допускались к поступлению в вузы сразу после окончания школы. Нужно было иметь рабочий стаж. Папа устроился лаборантом в Уральское отделение Всесоюзного теплотехнического института и одновременно кочегаром на СУГРЭС (кстати, СУГРЭС была построена по плану ГОЭЛРО) и работал здесь в период 1930 – 1932 гг.

В 1932 г. в Свердловске открылся Уральский физико-механический институт, который затем вошел в качестве факультета в состав УПИ. Папа поступил сюда институт и здесь познакомился с моей мамой Александрой Григорьевной Игошиной. Мама после семилетки в г. Кирове (Вятке), окончила фельдшерско-акушерское училище, по распределению приехала в Свердловск. Она мечтала стать врачом. В Свердловске тогда уже открылся медицинский институт. По неиз-

вестным мне причинам, мама поступила не в медицинский институт, а в только что открывшийся (1932 г.) Индустриальный институт (в дальнейшем УПИ).

Папа и мама учились в одной группе. Учились очень хорошо и ответственно. Мама очень любила математику и физику и была сведуща в этих науках. Ее избрали старостой группы. Сколько помню, в последующем сокурсники (из известных мне людей в этой группе учились также Н.В. Волкенштейн, Д. Штуркин, В.В. Власов, З.А. Мотова, Я. Коген) весело вспоминали, как они ставили своего старосту на табурет для всякого рода объявлений (мама была невысока ростом).

По рассказам мамы и сокурсников, папа был очень способным студентом, получил диплом с отличием. По воспоминаниям Н.Н. Буйнова, у папы было прозвище «советский Юм-Розери» благодаря дипломной работе «Состояние атома никеля в гамма-фазе сплава никель – цинк». Работа была выполнена им под руководством Якова Григорьевича Дорфмана и опубликована в ЖЭТФ (1939. Т.9, вып.1. С. 25 – 37). Экспериментально впервые было показано, что атомы металлических сплавов могут быть неионизированными. Новое направление фундаментальных исследований по физике сплавов сулило много нового, но было прервано войной и со временем вытеснено другими более насущными задачами.

Преподавателями у них были молодые тогда С.П. Шубин, Л.А. Шубина, С.В. Вонсовский, И.К. Кикоин. Мама вспоминала, что профессорские дома были рядом с институтом и она с друзьями часто забегала к Шубиным пообщаться с их детьми. Наверное, благодаря этому тесному общению Любовь Абрамовна и Сергей Васильевич всю жизнь называли маму Шурочкой.

В 1937 г. вместе с факультетом мама и папа были переведены на инженерно-физический факультет Ленинградского индустриального (ныне политехнического) института, который окончили в 1938 г. Здесь папа изменил своему решению стать теплотехником и стал специализироваться по физике металлов. Сблизились они на почве общих интересов к архитектурно-художественным ценностям ленинградских дворцов и музеев. В 1938 г. папа поступил в аспирантуру Института физики металлов (позднее вошедшего в УФАН), а мама – в металловедческую лабораторию на ВИЗе. В этом же году они поженились и получили комнату в коммунальной 4-комнатной квартире в доме на ул. Шейкмана. В этом подъезде жили семьи Архаровых, Халилеевых, Буйновых, Вонсовских, Шубиных, Штуркиных, Власовых позднее поселились Садовские и т.д.

В 1940 г. папу призвали в армию, в кавалерийские войска. За лошадьми он ухаживать не умел и вечно получал нагоняи. Прослужил он недолго. Его комиссовали по зрению (дальтонизм), и он вернулся домой буквально накануне войны. Кавалерийский



Кавалерист, 1940 г.

полк, где он служил, погиб полностью, так как с началом военных действий был брошен против танковых колонн немцев. В декабре 1941 г. родилась я – Татьяна Сергеевна Сидорова. По состоянию здоровья мамы я была единственным ребенком в семье. В этом же году папа закончил аспирантуру, по-видимому, сделал неплохую работу и зарекомендовал себя квалифицированным физиком.

В это время УНИХИМ (Уральский научно-исследовательский институт химии) остро нуждался в квалифицированных физиках для улучшения производства и контроля пиррофорных материалов, необходимых для фронта. Решением Свердловского обкома ВКП(б) папу перевели в УНИХИМ, где он организовал рентгеновский кабинет и разработал методики аттестации продукции. Судя по сохранившимся благодарностям и приказам о премировании, синтез физики и химии оказался весьма успешным и пронес большую пользу. В 1943 г. папа защитил диссертацию на степень кандидата физ.-мат. наук и вскоре вернулся в ИФМ на должность старшего научного сотрудника, а с 1947 г. – заведующего лабораторией фазовых превращений ИФМ УФАИ.

После защиты кандидатской диссертации папа настоял, чтобы мама не работала. Поэтому я не посещала детских садиков и, когда училась в школе, всегда могла обратиться к маме за помощью. На летние месяцы папа вывозил нас в те деревни, в которых были пионерские лагеря УФАИ. Жилье снимали в деревенских домах.

В 1949 г. жизнь нашей семьи круто изменилась. Против собственного желания, персональным постановлением Совета министров СССР папа, вместе с П.А. Халилевым, М.В. Якутовичем, С.В. Карпачевым был направлен на работу в Уральскую базу Главстроя, такое название в то время имело предприятие п/я 318 МСМ СССР (г. Новоуральск) начальником технологического сектора. Как теперь известно, сектор этот занимался разработкой и совершенствованием газодиффузионного и центробежного методов разделения изотопов урана. Руководителем работ был академик И.К. Кикоин. Какие-либо подробности мне, конечно, не известны. Папу я видела нечасто. Работа поглощала всю его жизнь.

Семейная жизнь изменилась очень сильно. Нам дали хорошую квартиру и домработницу. Жены всех научных работников не работали, учились на курсах кройки и шитья, часто ходили друг к другу в гости, летом отдыхали на озере Таватуй, плавали на лодках, купались, загорали. Здесь я пошла в первый класс. В Новоуральске тогда было две школы – мужская и женская. Мама была бессменным председателем родительского комитета, занималась устройством разных мероприятий, кружков, в том числе музыкальной школы. В городе было много чего прочего для проведения досуга не только детей, но и их родителей. В праздничные и выходные дни все семьями выезжали на катерах на острова оз. Таватуй на пикники. Тесная компания моих родителей – семьи П.А. Халилеева, Б.Н. Лундина и Ю.В. Карякина. Юрий Викторович – двоюродный брат папы, сын любимого дядюшки Виктора Александровича. Он химик, профессор, автор многих учебников по химии, в то время тоже работал в Новоуральске. Связи с оставшимися в Свердловске соратниками и учителями – Я.С. Шуром, С.В. Вонсовским, Р.И. Янусом также не прекращались. В силу большой занятости для встреч использовали время летних отпусков на Черном море, как правило, в Крыму и на Кавказе в Судак, Гаграх, Хосте, Адлере, пос. Лиселидзе. Много фотографировались.

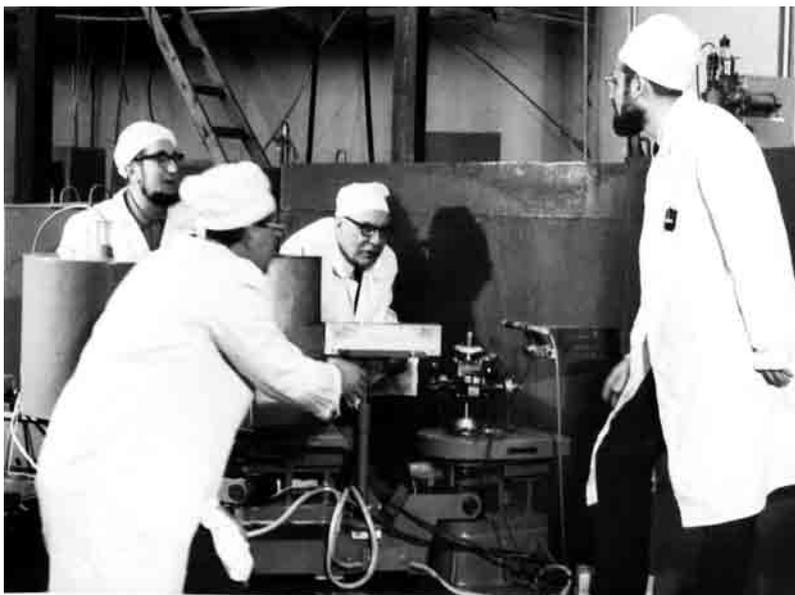
Как большое событие помню приезд в наш город Л.П. Берии (1951 или 1952 г.) и его выступление на площади перед театром. Было много награждений ордена-

ми и Сталинскими премиями. Папа получил орден «Знак почета». Мне сказали, что торжества связаны с успешным испытанием каких-то нужных «изделий».

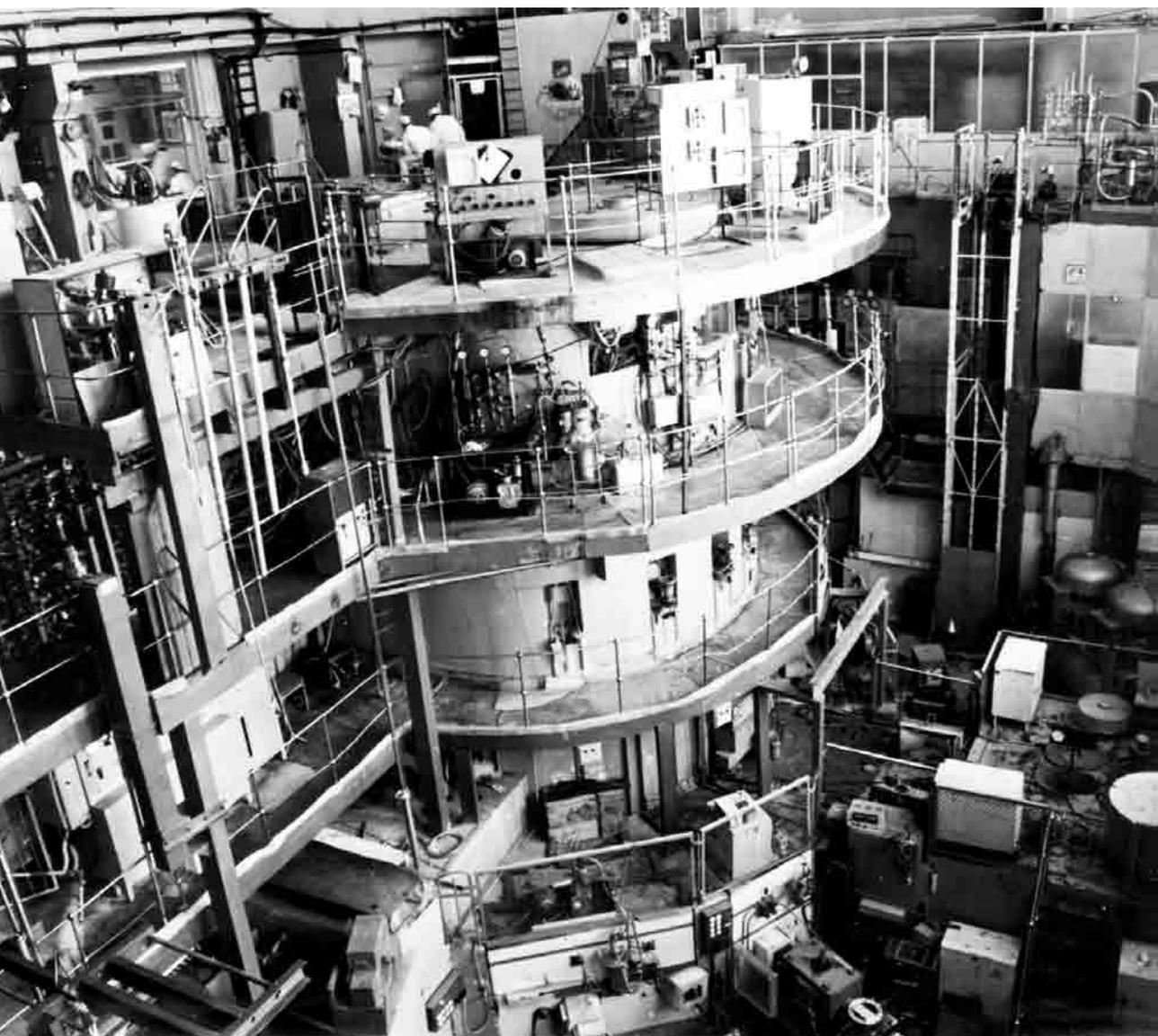
Налаженный быт и теплые компании разрушились в 1953 г. Приказом министра СМС СССР папа был переведен в г. Томск-7 (Северск) на должность научного руководителя Сибирского химического комбината, предприятия п/я 153 МСМ СССР. Для мамы это была трагедия. Она очень переживала расставание с близкими, родными, друзьями. Строительство нового городка было в самом начале. Была практически одна небольшая улица, одна школа, общая для мальчиков и девочек, к чему я привыкала долго и с трудом.

Поселили нас в дом гостиничного типа, деревянный, двухэтажный, но с хорошими квартирами. Здесь жили директора комбината И.А. Щекин и, затем, А.И. Чурин. (В последующем А.И. Чурин стал первым замом министра СМС СССР и уехал в Москву). Мы занимали одну комнату в двухкомнатной квартире. Соседями нашими был Лазаревы – семья председателя Горисполкома г. Томск-7. Через два месяца мы получили трехкомнатную квартиру в новом доме на втором этаже, а над нами в такой же квартире поселилась семья нашего бывшего соседа Н.А. Лазарева. Взрослые были очень дружны между собой, а я с детьми Лазаревых – Стасиком и Ириной. Здесь мы прожили 10 лет. Город за это время сильно вырос, стал многолюдным, так как расширилось производство. Появились музыкальная школа, кинотеатр, дворец культуры, на базе которого действовали драматический театр и театр оперетты.

Папа, как всегда, много работал. За выполнение спец. заданий он был награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, рядом медалей. В 1960 г. он стал лауреатом Ленинской премии. Тем не менее он находил время для дел, прямо не относящихся к «атомному проекту». В 1958 г. он защитил докторскую диссертацию, а в Томском политехническом открылся новый, физико-технический факультет. Директор ТПИ (А.А. Воробьев) привлек папу в председатели ГЭК (государственной экзаменационной комиссии), к подготовке кадров для того же хим. комбината. Под его личным руководством были подготовлены шесть кандидатов технических наук. Кроме всего этого, папа был членом секции научно-технического совета МСМ СССР, членом ученого совета Томского политехнического института, депутатом городского совета г. Томск-7 и руководителем секции Общества по распространению научных знаний. В ученом звании профессора по специальности «техническая физика» он был утвержден в 1961 г.



В физзале атомного реактора ИВВ-2М, 1978 г.  
Б.Н. Гощицкий, В.Г. Чудинов, С.К. Сидоров, Ю.Н. Михайлов



Исследовательский атомный реактор ИВВ-2М, г. Заречный

За 10 лет жизни и работы в г. Томск-7 папа познакомился со многими известными людьми, в частности, Михаилом Дмитриевичем Миллионщиковым, тогдашним вице-президентом АН СССР. Бывая в Томске-7, Миллионщиков всегда был нашим гостем. Папа в свою очередь непременно навещал Миллионщиковых, бывая в Москве. Сохранилась вещественная память этих посещений. Жена Миллионщикова (Людмила Михайловна Мухина) была поэтически одаренной женщиной. Водила дружбу с А. Вознесенским, и он ценил ее стихи. Однажды папа привез сборник этих стихов с дарственной надписью. Не смотря на сумятицу всевозможных переездов и смен квартир, я этот сборник сохранила. В 1963 г. мы сно-

ва вернулись в Свердловск и папа (по конкурсу) стал заведующим лабораторией магнитной нейтронографии в ИФМ АН СССР, а с 1969 года заместителем директора ИФМ (М.Н. Михеев) по научной работе.

По возвращении в ИФМ папа возглавил работы по созданию экспериментальной базы для исследований в области физики твердого тела на нейтронных пучках исследовательского атомного реактора ИВВ-2М. Он развернул широкие исследования природы магнетизма в магнитно-упорядоченных сплавах со смешанным обменным взаимодействием. Им и его учениками (А.З. Меньшиков, В.В. Келарев, А.В. Дорошенко и др.) был обнаружен и исследован новый тип магнитного состояния вещества – переходный между ферро- и антиферромагнитным типом. По общему признанию соратников по работе и коллег, в первую очередь, Б.Н. Гощицкого, эти результаты существенно расширили представления о природе магнетизма и стимулировали постановку глубоких теоретических исследований неоднородного магнитного состояния (Ю.А. Изюмов, М.В. Медведев и др.). Были защищены 17 кандидатских и три докторских диссертации.

Так возникла уральская школа магнитной нейтронографии, и папа был ее основателем. В 1973 г. за совокупность всех этих работ папе было присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

При жизни папы я всегда ощущала защищенность, он очень любил меня и свою единственную внучку – Оленьку. И сейчас, когда его не стало, понимаю, что многое ему не сказала, что благодаря нему у меня было счастливое детство, юность. Перед смертью он сказал маме: «Шура извини, если что-то было не так, но я всю жизнь старался, чтобы вам с Танюшей было хорошо». Вспоминаю эти слова маме, я всякий раз не удерживаюсь от слез. Мне он тоже дал совет, но очень личный и я по мере возможности стараюсь его выполнять.

Вот и все, что я хотела рассказать о своем любимом папе.

Ученики папы предоставили мне огромный список научных трудов, приводить который здесь вряд ли целесообразно, тем более что прекрасное обобщение полученных результатов имеется в известном труде С.В. Вонсовского «Магнетизм» в главе 21. Тем не менее, я выбрала несколько, на мой взгляд, наиболее примечательных оригинальных публикаций [1–4].

*Т.С. Прекул*

### Список литературы

1. Сидоров С.К., Дорошенко А.В. О зависимости среднего магнитного момента на атом сплава от содержания Mn в неупорядоченных Ni-Mn сплавах // ФММ, 1964, Т. 8, № 6, С. 811–820.
2. Kelarev V.V., Sidorov S.K., Klyushin V.V., Abdulov R.Z. Neutron-Diffraction Study of Antiferro-Ferromagnetic Transition in a System of Ordered Fe(Pd<sub>x</sub>Pt<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub> Alloys // Phys. Stat. Sol., 1967, Vol. 24, P. 385–390.
3. Меньшиков А.З., Шестаков В.А., Сидоров С.К. Критическое рассеяние нейтронов в инварных железо-никелевых сплавах // ЖЭТФ, 1976, Т. 70, № 1, С. 63–171.
4. Изюмов Ю.А., Медведев М.В. О новом типе магнитного упорядочения в некоторых сплавах переходных металлов // ЖЭТФ, 1968, Т. 55, № 3, С. 1123–1130.



---

## Исаак Михайлович ЦИДИЛЬКОВСКИЙ

Исаак Михайлович Цидильковский родился 21 мая 1923 г. в селе Ракитное Киевской области в семье учителя. Его детские и школьные годы прошли в г. Белая Церковь, и после окончания средней школы в 1940 г. он поступил в Киевский индустриальный институт. С самого начала войны И.М. Цидильковский, только что сдавший экзамены за первый курс, добровольцем ушел на фронт. В действующей армии он был пехотинцем, разведчиком, радистом, проделал сначала тяжкий путь отступления от берегов Днепра до Сталинграда и калмыцких степей, а затем прошел дорогами освобождения оккупированных Украины, Белоруссии, был участником Варшавской операции, штурма Кенигсберга, Берлина, а последние залпы войны прогремели для него в Праге. За долгие четыре года сражений на передовой он был дважды ранен и перенес несколько тяжелых контузий, последствия которых мужественно преодолевал позже.

После демобилизации И.М. Цидильковский в 1946 г. стал студентом физического факультета Киевского университета. Годы его студенчества совпали с началом бурного развития физики полупроводников. Блестящие лекции и семинары профессоров В.Е. Лашкарева и С.И. Пекара определили выбор его научного направления. Первые научные работы, выполненные в студенческие годы, – экспериментальные исследования фотопроводимости и решение задач теории явлений переноса характерны для научного стиля Исаака Михайловича, всегда сочетавшего тщательную постановку эксперимента и глубокую теоретическую интерпретацию полученных результатов.

С первых самостоятельных шагов в науке, сделанных в 1953 г. в Дагестанском филиале АН СССР, И.М. Цидильковский находит собственный путь. По совету академика А.Ф. Иоффе он приступил к изучению термомагнитных явлений в полупроводниках. Ему пришлось пройти все этапы необходимой для экспериментатора черновой работы – от выращивания образцов до создания измерительных установок. За пять лет удалось исследовать поразительно широкий класс полупрово-

---

дниковых материалов. Большую роль в становлении И.М. Цидильковского как зрелого ученого сыграл работавший в тот период времени в Махачкале профессор В.П. Жузе – один из пионеров полупроводниковой физики, обладавший глубокой эрудицией и богатым опытом экспериментатора. Исаак Михайлович на всю жизнь сохранил к Владимиру Пантелеймоновичу искреннюю признательность, посвятив его светлой памяти одну из своих последних монографий «Концепция эффективной массы» (1999 г.). Выполненные И.М. Цидильковским в 1950-е гг. работы по физике термомагнитных явлений стали пионерскими и убедительно продемонстрировали все достоинства этих эффектов как тонкого метода изучения механизмов рассеяния носителей заряда в твердых телах. В значительной мере благодаря этим работам была создана новая область кинетики твердого тела. Итогом пятилетних исследований стала монография «Термомагнитные явления в полупроводниках» (1959 г.), первая в мировой литературе на эту тему, сразу переведенная на английский язык и даже сегодня не потерявшая научной ценности.



Фронтвик

В 1957 г. по приглашению академика С.В. Вонсовского И.М. Цидильковский переехал в Свердловск и организовал в Институте физики металлов лабораторию полупроводников и полуметаллов (1960 г.), которая быстро стала авторитетным центром полупроводниковых исследований. В 1960-е гг. в лаборатории под руководством И.М. Цидильковского был выполнен большой цикл исследований квантовых явлений переноса в сильных магнитных полях, оптических и СВЧ свойств полупроводников, явлений переноса под действием высокого давления. Благодаря созданным в лаборатории установкам импульсных магнитных полей удалось расширить доступный измерениям диапазон до 500 кЭ. Был экспериментально обнаружен и всесторонне изучен предсказанный теоретически В.Л. Гуревичем и Ю.А. Фирсовым новый тип осцилляций магнитосопротивления – магнитофононный резонанс, открыты новые осцилляционные эффекты кинетических коэффициентов, обусловленные слабыми многофононными или спин-орбитальными взаимодействиями. Новые возможности раскрылись при рассмотрении кинетики неравновесной системы «горячих» электронов в сильных электрических полях. Полученные в работах И.М. Цидильковского результаты нашли мировое признание, породили новые экспериментальные методы изучения электронного и фононного спектров в полупроводниках («магнитофононную спектроскопию»), широко использованные в крупнейших центрах сильных магнитных полей (Оксфорде, Гренобле, Штутгарте).

Характерной чертой И.М. Цидильковского-ученого было стремление к обобщению, поиску главных причин, определяющих все богатство и разнообразие электрофизических свойств и специфические особенности конкретных полупроводников. В 1972 г. он выпустил фундаментальную монографию «Электроны и дырки в полупроводниках», посвященную методам теоретических расчетов и экспериментального определения основных параметров электронных спектров. Эта монография была отмечена премией имени А.Ф. Иоффе АН СССР.



С сотрудниками лаборатории полупроводников и полуметаллов Слева направо: сидят: А.Б. Давыдов, Л.Д. Сабирзянова, И.М. Цидильковский, М.М. Аксельрод, Т.П. Чукина; стоят: Вл.И. Соколов, Н.Г. Глузман, ..., Р.В. Поморцев; 1965 г.

В 1970-е гг. научные интересы И.М. Цидильковского сосредоточились на изучении особого класса бесщелевых полупроводников и твердых растворов на их основе с регулируемой величиной запрещенной зоны. Еще в 1957 г. он показал экспериментально, что в теллуриде ртути запрещенная зона аномально мала (в дальнейшем выяснилось, что она в точности равна нулю). Однако именно практические возможности синтезировать полупроводники с заданной величиной щели породили бум исследований бесщелевого состояния. И.М. Цидильковский с сотрудниками рассматривал электронные фазовые переходы в бесщелевых полупроводниках при воздействии сильных магнитных полей, высоких давлений, изучал особенности примесных состояний и роль примесного беспорядка в формировании электронной структуры бесщелевых и узкощелевых полупроводниковых материалов. За большой вклад И.М. Цидильковского в этот новый раздел физики твердого тела ему была присуждена Государственная премия СССР за 1982 г.

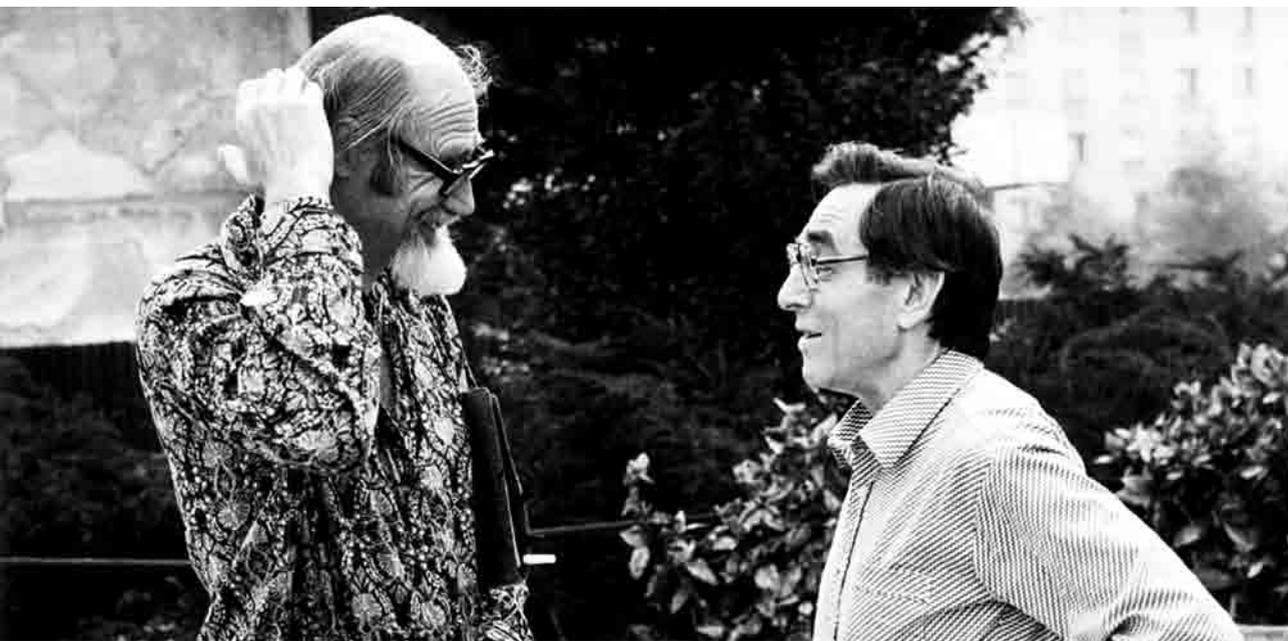
Хотя И.М. Цидильковский на протяжении научной деятельности непосредственно не подходил к решению прикладных вопросов, физическое чутье и большой опыт позволяли ему реагировать на актуальные веяния, и он умел быстро переключаться на новые объекты исследования, перспективные для практических применений. В послед-

ние 15 лет его внимание привлекли необычные свойства полумагнитных полупроводников, которые содержали в составе примеси d-элементов. Цикл работ, посвященный изучению электронных свойств полумагнитных полупроводников, отмечен премией имени М.В. Ломоносова (1994 г.). Высокая чувствительность электронных состояний к внешнему магнитному полю, температуре и уровню легирования позволила И.М. Цидильковскому обнаружить и исследовать разные типы переходов металл–диэлектрик как под влиянием внешних воздействий, так и вследствие электронных корреляций. Он внес значительный вклад в решение этой проблемы, которая является фундаментальной для всей физики конденсированного состояния и окончательно не решена и на сегодняшний день.

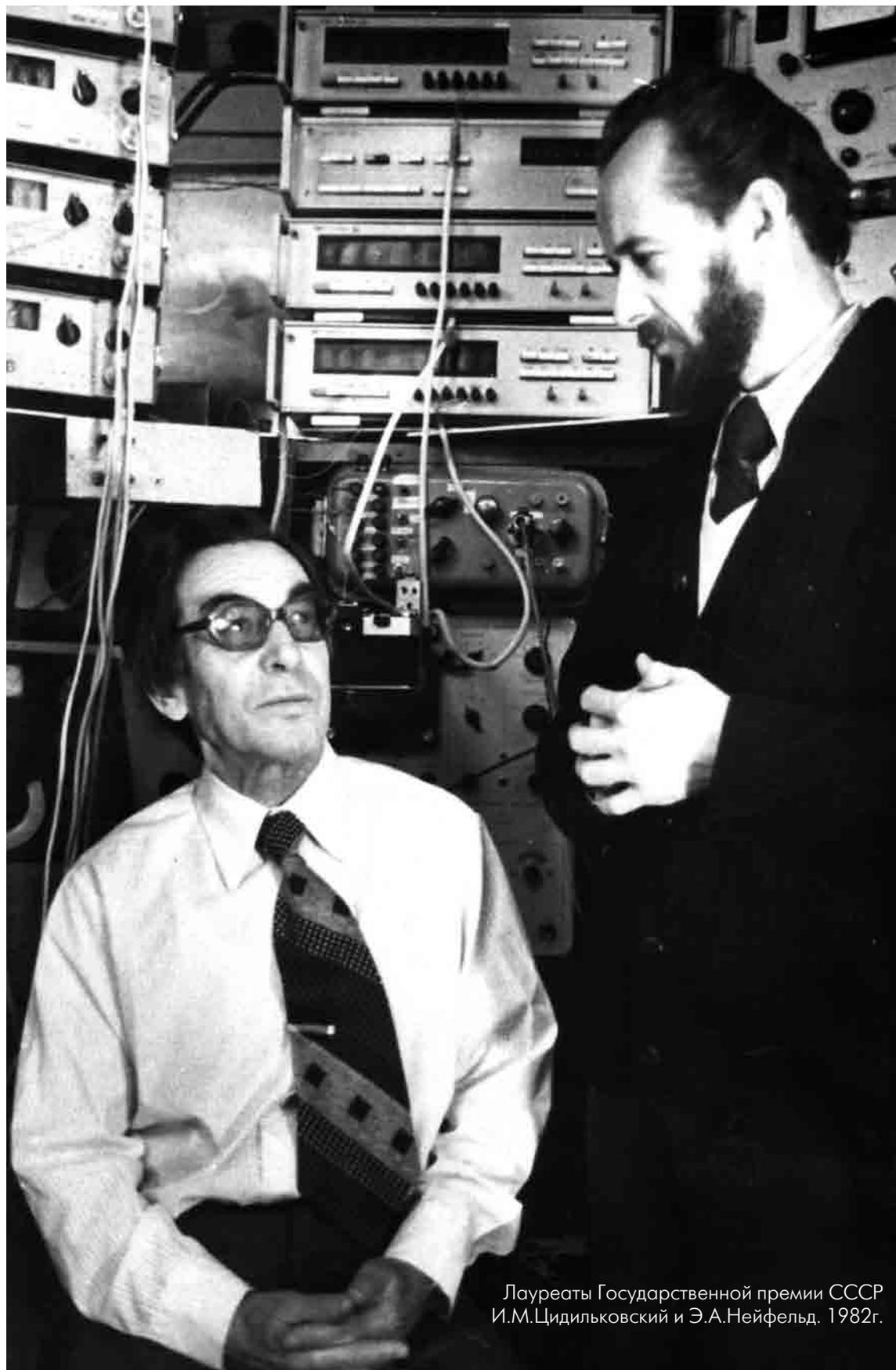
И.М. Цидильковский инициировал исследования высокотемпературных сверхпроводников в руководимой им лаборатории и принимал самое деятельное участие как в постановке экспериментальных задач, так и в теоретической интерпретации результатов. Он активно стимулировал становление нового для лаборатории направления исследований – двумерных полупроводниковых структур – и с неослабным интересом следил за работами в этом направлении своих учеников и сотрудников, оказывая неоценимую помощь при обсуждении новых результатов.

Научную работу Исаак Михайлович успешно совмещал с научно-организационной. Он многие годы был членом научного совета АН по физике полупроводников, членом редколлегии отечественных и зарубежных журналов. С 1966 г. регулярно проводятся основанные И.М. Цидильковским Уральские зимние школы по физике полупроводников, которые в последнее десятилетие приобрели международный статус.

В 1987 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1999 г. – действительным членом РАН. Среди его учеников 4 доктора и более 30 кандидатов наук.



Прага, 1984 г. Сессия Европейского физического общества. Разговор с проф. Ф. Хейне из Кембриджа



Лауреаты Государственной премии СССР  
И.М.Цидильковский и Э.А.Нейфельд. 1982г.



Семинар в лаборатории полупроводников Слева направо: И.М. Цидильковский, Г.И. Харус, А.Б. Давыдов, Э.А. Нейфельд, Л.И. Доманская, Н.Г. Глузман, Р.В. Поморцев, В.И. Соколов

Важнейшую часть научного творчества И.М. Цидильковского составили опубликованные им 10 монографий [1-10]. Характерная для российского интеллигента потребность просветительства отразилась в стиле этих книг – они написаны хорошим языком и сочетают концептуальный подход, глубину и одновременно доступность изложения.

Интенсивная умственная работа составляла главное содержание жизни Исаака Михайловича, а размышление или интеллектуальная беседа были для него источником душевной радости и удовлетворения. Предметы могли быть самыми разнообразными – философия, литература или решение шахматных композиций. Он напряженно и увлеченно трудился до последних дней жизни, преодолевая преследовавшие его тяжелые недуги. «Nulla dies sine linea – ни дня без строчки» – этому девизу древних он следовал всегда. Буквально за неделю до кончины он подготовил к изданию книгу о нравственности и этике в современном мире вообще и в научном мире в особенности [11]. Через 200 лет после Иммануила Канта его душу волновали те же две вещи – «звездное небо надо мной и моральный закон во мне».

*Г.И. Харус*



### Список литературы

1. Цидильковский И.М. Термомагнитные явления в полупроводниках. М.: Физматгиз, 1960. 396 с.
2. Цидильковский И.М. Электроны и дырки в полупроводниках. М.: Наука, 1972. 640 с.
3. Цидильковский И.М. Зонная структура полупроводников. М.: Наука, 1978. 328 с.
4. Цидильковский И.М. Бесщелевые полупроводники – новый класс веществ. М.: Наука, 1986. 238 с.
5. Цидильковский И.М., Харус Г.И., Шелушнина Н.Г. Примесные состояния и явления переноса в бесщелевых полупроводниках. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 152 с.
6. Цидильковский И.М. Электронный спектр бесщелевых полупроводников. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 224 с.
7. Tsidilkovski I.M. *Electron Spectrum of Gapless Semiconductors*. Berlin: Springer, 1997. 224 p.
8. Цидильковский И.М. Полвека с полупроводниками. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 282 с.
9. Цидильковский И.М. Концепция эффективной массы. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 384 с.
10. Цидильковский И.М. Переходы металл-диэлектрик в магнитном поле. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 288 с.
11. Цидильковский И.М. Размышления о нравственности. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 353 с.

---

# Анатолий Иванович ПОНОМАРЕВ

Перетекает Будущее в Прошлом,  
И затихают жизни, словно песни.  
И растворяются в далеком Космосе,  
И возвращаются к началу – Бездне.

*А.И. Пономарев*

Анатолий Иванович Пономарев родился 26 декабря 1937 г. в селе Арамашево Алапаевского района Свердловской области в крестьянской семье. В 1955 г. окончил арамашевскую среднюю школу. С 1956 по 1959 г. служил в Советской Армии. В сентябре 1959 г. поступил в Свердловский государственный педагогический институт на физический факультет. После его окончания в 1964 г. и аспирантуры в 1967 г. остался работать в нем на кафедре общей физики в качестве стажера-исследователя. В педагогическом институте Анатолий Иванович прошел путь от стажера до старшего преподавателя и доцента, одновременно занимаясь научной работой. Первые работы Анатолия Ивановича относятся к концу 1960-х г. и посвящены изучению явлений переноса носителей заряда и гальваномагнитным эффектам в полупроводниковых соединениях, таких как теллурид ртути ( $\text{HgTe}$ ) и антимонид галлия ( $\text{GaSb}$ ). В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию.

С 1983 г. Анатолий Иванович работал в Институте физики металлов Уральского научного центра Академии наук СССР. В это время Анатолий Иванович занимался исследованием гальваномагнитных свойств разбавленных магнитных полупроводников, интересовался особенностями эффекта Шубникова–де Газа в соединении  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ . Чтобы добиться новых надежных результатов, Анатолий Иванович модернизировал установку для получения импульсных магнитных полей до 400 кЭ. Было установлено, что в разбавленных магнитных полупроводниках  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$  обменное взаимодействие локализованных d-электронов Mn с зонными электронами приводит к существенной перенормировке g-фактора электронов проводимости, которая

---



определяется состоянием магнитной подсистемы. Аномалии осцилляций Шубникова–де Газа обусловлены влиянием этого обмена.

В середине 1980-х гг. вокруг Анатолия Ивановича создается группа единомышленников. Под его руководством созданы установки для измерений гальваномагнитных эффектов в сверхпроводящем соленоиде и магнитной восприимчивости. Когда в 1986 г. были синтезированы высокотемпературные сверхпроводники (купраты), Анатолий Иванович и его группа с воодушевлением включились в активное изучение термогальваномагнитных свойств высокотемпературных сверхпроводников. За 10 лет были получены существенные результаты в области физики высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). В результате впервые выполненных комплексных исследований кинетических эффектов (электропроводности, эффекта Холла и термоэдс) ВТСП  $\text{LaSrCuO}$ ,  $\text{YBaCuO}$ ,  $\text{YBa}(\text{Li}, \text{K}, \text{La})\text{CuO}$  было установлено, что в данном классе соединений имеют место общие закономерности в характере изменения кинетических коэффициентов, что проявляется при изменении состава и при отклонении от стехиометрии. Впервые было установлено, что в соединении  $\text{LaSrCuO}$  в области нормального состояния преобладает дырочная проводимость, полученные данные позволили определить концентрацию носителей заряда (дырок) и их подвижность. В поликристаллах  $\text{LaSrCuO}$  был обнаружен новый тип резистивного состояния, который характеризовался гистерезисными и релаксационными эффектами. Результаты комплексных исследований электрических и магнитных свойств ВТСП указывали на единую природу наблюдаемых особенностей: наличие гистерезиса сопротивления и намагниченности, остаточных сопротивления и намагниченности, релаксация этих величин по логарифмическому закону.

Дальнейшие исследования гальваномагнитных эффектов в ВТСП позволили Анатолию Ивановичу определить такие важнейшие параметры ВТСП, как нижнее и верхнее критические магнитные поля, длину когерентности, коэффициент анизотропии сопротивления в нормальной фазе. Впервые было надежно установлено, что наблюдаемая в резистивном состоянии инверсия знака коэффициента Холла обусловлена переходом от режима пиннинга абрикосовских вихрей к режиму их вязкого течения. Изучение электрического сопротивления в магнитных полях выше второго критического поля позволило установить температурную зависимость сопротивления при температурах ниже критической вплоть до  $T=0.2$  К. Логарифмический закон возрастания сопротивления при понижении температуры характерен для систем с двумерной проводимостью и определяется вкладом электрон-электронного взаимодействия и интерференционными поправками к проводимости.

В 1998 г. Анатолий Иванович защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по теме «Электронные кинетические явления в полупроводниковых и ВТСП соединениях с примесями замещения и собственными дефектами».

Анатолий Иванович начал работать в Институте физики металлов в должности старшего научного сотрудника, а после защиты докторской диссертации стал ведущим, а потом и главным научным сотрудником лаборатории полупроводников и полуметаллов. А.И. Пономаревым опубликовано около 100 научных работ, он выступал с докладами на российских и международных конференциях. В 1991–1994 гг. был заместителем проекта по ВТСП «Кинооптика», а с 1995 г.

стал его руководителем. За 1991–2000 гг. на итоговых конкурсах работ Института физики металлов работы Анатолия Ивановича и его группы были неоднократно признаны лучшими работами года. Свои опыт и знания Анатолий Иванович с удовольствием передавал молодым сотрудникам. Под его научным руководством было защищено три кандидатских диссертации: К.Р. Крылов – в 1993 г. и Т.Б. Чарикова – в 1995 г., А.Н. Игнатенков – в 1999 г.

В начале 1990-х годов 20-го ХХ в. в годы активной научной работы Анатолия Ивановича в стране шел процесс «перестройки» – перестройки всех сфер жизни. Анатолий Иванович не был праздным наблюдателем, он хотел, чтобы жизнь в нашей стране стала лучше. Поэтому он выдвинул свою кандидатуру в депутаты Свердловского областного совета по избирательному округу № 21. Главной задачей общества, как он считал, является повышение уровня образования, науки, культуры. Он предлагал создать в Свердловской области совместно с другими странами наукоемкое производство, организовать предприятия по строительству жилья и дорог. Предлагал добиваться для Свердловска статуса открытого города. Хочется отметить, что ситуация с открытостью Екатеринбурга (Свердловска) сейчас существенно изменилась. Жители города могут свободно отправляться в путешествия по миру, могут принимать гостей и коллег в Екатеринбурге.

Помимо научной работы большой страстью Анатолия Ивановича была природа. Он был участником многих походов по Уралу, Таймыру, Камчатке и Байкалу. Однако Урал, история Среднего Урала и, главное, история родного села Ара-



Научная группа по исследованию высокотемпературных сверхпроводников.  
Слева направо: Т.Б. Чарикова, К.Р. Крылов, А.И. Пономарев, Н.Г. Шелушнина, Г.Л. Штрапенин.



Н.Г. Шелушнина, И.М. Цидильковский, А.И. Пономарев



В кабинете, ноябрь 2005 г.



Участники IX Международной Конференции по физике полупроводников, Москва, июль 1968 г.  
А.И. Пономарев – крайний справа.

машево стали предметом его интереса. Как дотошный исследователь Анатолий Иванович собрал огромный материал, содержащий исторические подробности становления, жизни и быта своего села, одного из самых первых регулярных поселений Среднего Урала. Анатолий Иванович много разговаривал с односельчанами, расспрашивал с большим тактом и вниманием каждого, кто делился с ним своими воспоминаниями. Собранный Анатолием Ивановичем материал лёг в основу его книги «Босиком по земле», изданной после его смерти в Екатеринбурге в 2007 г. в издательстве УрО РАН, он даёт возможность окунуться в историю, почувствовать силу и мудрость уральских людей.

А.И. Пономарев посвятил себя науке – исследованиям в разных областях жизни. Любознательность и бескорыстие позволяли ему отлично ладить с людьми, что было необходимо для успешной работы и достижения важных результатов. Все, кто был знаком и связан по работе с Анатолием Ивановичем, и сегодня с огромной теплотой и уважением вспоминают его.

В этом году (2012 г.) Анатолию Ивановичу исполнилось бы 75 лет...

*Т.Б. Чарикова*

---

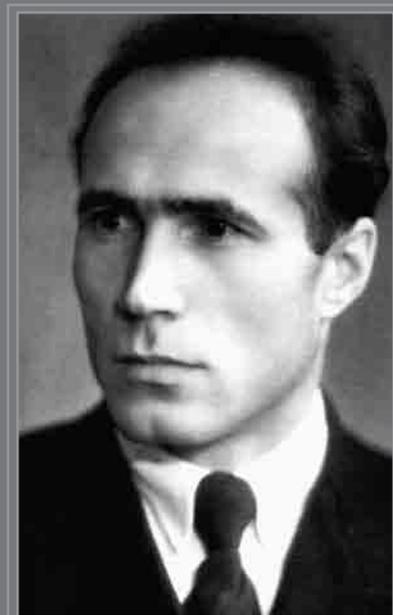
## Слово об учителе (Сергей Антонович НЕМНОНОВ)

Время все расставляет по местам и определяет истинную ценность людей и событий. Особенно трудно оставить след в науке. Как правило, цитируются статьи не более пятилетней давности и нужно сделать действительно нечто существенное, чтобы по прошествии десятилетий современники вновь и вновь обращались к твоим работам.

Без всяких преувеличений можно сказать, что Сергей Антонович Немнонов прошел проверку временем. Его работы цитируются, и многие его результаты до сих пор не утратили своего значения.

Для того чтобы лучше понять феномен С.А. Немнонова в науке, нужно прежде всего обратиться к основным вехам его биографии. Он родился в глубокой провинции – в селе Троицком Атяшевского района Мордовской АССР 10 октября 1912 г. Окончив семилетку в г. Алатырь, он некоторое время работал подрамщиком на лесозаводе, а затем после учебы на подготовительных курсах поступил на первый курс Сельскохозяйственного института в г. Чебоксары. Однако уже тогда его тянуло к точным наукам, и в том же 1933 г. он стал студентом физико-математического факультета Пермского государственного университета, который успешно закончил в 1938 г. После этого вся последующая жизнь С.А. Немнонова неразрывно связана с г. Свердловском, куда он и был направлен на работу в лабораторию диффузии Уральского физико-технического института УФАН СССР. В нем (впоследствии преобразованном в Институт физики металлов УрО РАН) он и проработал всю оставшуюся жизнь, без малого более 40 лет. Его путь в рентгеновскую спектроскопию был не простым. Он начинал работать у академика В.И. Архарова и был его первым аспирантом. После учебы в аспирантуре и защиты кандидатской диссертации в 1945 г. ничто не предвещало каких-то сильных перемен в его научной карьере. Он стал старшим научным сотрудником и одним из ведущих сотрудников лаборатории диффузии. Однако после возвращения

---





Сергей Антонович Немнов  
с женой Александрой Андреевной

из Свердловска в Москву профессоров И.Б. Боровского и М.А. Блохина встал вопрос о судьбе группы рентгеноспектрального анализа, которую они возглавляли во время эвакуации. Руководство Института по рекомендации академика В.И. Архарова решило поручить С.А. Немнову в 1950 г. руководство этой группой. Это было серьезным испытанием для него, так как нужно было осваивать совершенно новую область науки, обзаводиться аппаратурой и формировать свое научное направление. Уже тогда проявились основные качества С.А. Немнова-ученого: упорство в достижении цели, огромное внимание к качеству эксперимента и феноменальная работа с литературой. Это были трудные времена не только для Сергея Антоновича, но и для его сотрудников. Став руководителем группы, он сразу же поставил задачу преобразовать ее в лабораторию, что и произошло в 1956 г., т.е. всего за 6 лет. Для академического института это был грандиозный скачок! Защитив кандидатскую диссертацию по диффузии в 1946 г., С.А. Немнов защитил докторскую (уже по рентгеновской спектроскопии) в 1972 г., т.е. после 26 лет работы в совершенно новой для себя области.

Я появился в лаборатории в 1960 г. и в полной мере ощутил всю напряженную обстановку, связанную с увлеченной и самоотверженной работой всех её сотрудников. В это время в ней работали: В.А. Трапезников (первый аспирант С.А. Немнова), А.З. Меньшиков, Л.Д. Финкельштейн, К.М. Колобова, М.Ф. Сорокина, А.Н. Гусатинский, а позднее В.Ф. Волков, В. Зырянов, Ю.А. Бабанов (какие имена!). Измерения рентгеновских спектров проводились на тубус-спектрографах с фокусировкой по Иоганну конструкции В.А. Трапезникова с фотографической регистрацией, которые позволяли работать с большими радиусами изгиба кристаллов-анализаторов и обеспечивали рекордное по тем временам энергетическое разрешение. Эти спектрографы изготавливались в институтских мастерских, и число их в лаборатории достигало до 10–12 штук. Как правило, у каждого сотрудника было по два прибора. Все кварцевые кристаллы-анализаторы высокого качества после тщательного отбора покупались у А.Б. Гильварга в Институте кристаллографии АН СССР и погибали лично С.А. Немновым на кристаллодержателях собственной конструкции. Рентгеновская мелкозернистая пленка доставалась всяческими немислимыми способами (в том числе с моей подачи в ГДР (Orwo) и ФРГ (Agfa)), и все это обеспечивало высочайшее качество эксперимента. Я отлично помню, что при съемке флуоресцентных  $V K\beta_5$ -эмиссионных спектров в  $V_3Au$  экспозиция составляла у меня 250 ч!

В исследовательском плане лаборатория изучала чистые переходные металлы и их сплавы, а также соединения переходных металлов (сначала силициды,

а затем карбиды, нитриды и оксиды и их твердые растворы), а также полупроводники. В середине 1960-х гг. Сергей Антонович вместе с Л.Д. Финкельштейн сделали серию замечательных работ, где экспериментально показали, что для электронной структуры бинарных сплавов  $3d$ -металлов начала периода (от Sc до Mn) работает модель «жесткой полосы». Эти выводы были встречены «в штыки» нашим патриархом профессором М.А. Блохиным и в резкой форме озвучены на рентгеновской конференции в Апатитах, что очень расстроило С.А. Немнонова. Однако он пережил это достойно, а время показало его полную правоту в данном вопросе. Вместе с А.З. Меньшиковым и К.М. Колобовой (я также присоединился к этим исследованиям в конце 1960-х – начале 70-х гг.) большое внимание уделялось изучению электронной структуры тугоплавких соединений, и мы периодически ездили не только на рентгеновские конференции, но также на материаловедческие конференции в Киев, устраиваемые проф. Г.А. Самсоновым. Эти работы очень нравились мне, и в 1969 г. мы с Сергеем Антоновичем опубликовали в ФММ специальную работу, посвященную природе длинноволновых сателлитов как в тугоплавких, так и в других соединениях с легкими элементами. Эта работа была примечательна еще и тем, что на ее примере он привил мне навыки работы с литературой и анализу серий соединений. По его предложению в середине 1970-х г. я начал цикл исследований сверхпроводящих соединений со структурой  $\beta$ -W (A-15), вылившихся в докторскую диссертацию, которую я защитил в 1978 г..

Попытаюсь кратко сформулировать, что же сделано С.А. Немноновым в рентгеновской спектроскопии.

1. Разработаны основные принципы формирования структуры энергетических полос в бинарных сплавах переходных металлов (С.А. Немнонов, Л.Д. Финкельштейн, К.М. Колобова, М.Ф. Сорокина, Э.З. Курмаев, В.А. Трофимова, В.П. Белаш).

2. Предложен количественный метод определения валентности (степени окисления) редкоземельных элементов в соединениях по  $L_3$ -спектрам поглощения (С.А. Немнонов, Л.Д. Финкельштейн, Н.Д. Самсонова, Н.Н. Ефремова).

3. Создана модель формирования гибридационной щели в сульфидах  $3d$ -металлов (С.А. Немнонов, С.С. Михайлова), которая стала прообразом модели  $p$ - $d$  резонанса, развитой в работах Э.П. Домашевской (Воронежский Университет).

4. Представлен рентгеноспектральный метод определения ширины запрещенной зоны в полупроводниках (С.А. Немнонов, А.Н. Гусатинский).

5. Предложен рентгеноспектральный метод определения химического связывания легких элементов в химических соединениях



С.А. Немнонов, 1937 г.



С.В. Вонсовский, Я.С. Шур, С.А. Немнов

по длинноволновым сателлитам рентгеновских эмиссионных спектров (С.А. Немнов, А.З. Меньшиков, Э. З. Курмаев).

Попытаюсь выделить некоторые личные качества Сергея Антоновича, которые в конечном счете сформировали феномен Немнова в науке.

Фантастическая работоспособность. Сергей Антонович работал весьма интенсивно не только по будням, но и в воскресные дни, и даже во время отпуска. Ему было скучно без работы, она составляла главный интерес его жизни.

Высокая требовательность. Будучи сам достаточно организованным человеком, Сергей Антонович неустанно требовал того же от своих сотрудников. Работать с ним было непросто. Только по прошествии многих лет спокойно и правильно оцениваешь и понимаешь, как это было полезно.

Однако одних только личных качеств недостаточно для продуктивной научной деятельности. Поэтому попытаюсь отметить основные моменты, характерные для его стиля научной работы. Это прежде всего исключительное внимание к качеству эксперимента и обработке результатов измерений. Сейчас только ветераны лаборатории помнят, какой ценой доставался рентгеноспектральный эксперимент в 1960-е и 1970-е гг. при использовании фотографического метода регистрации и многочасовых экспозиций. Здесь не было мелочей. От каждого фактора зависело качество конечного результата. Поэтому во многом благодаря его стараниям эксперимент в лаборатории был лучшим в СССР и до сих пор востребован в спектроскопии.

Следующим важным моментом, характерным для научной деятельности Немнова, было сопоставление рентгеновских спектров с зонными расчетами. Сергей Антонович одним из немногих прозорливо оценил важность теоретических расчетов электронной структуры для физики твердого тела и интерпретации рентгеновских спектров. Несмотря на суровую критику со стороны оппонентов,

он был непоколебим и в конечном счете оказался прав. Сейчас компьютерный дизайн материалов является одним из наиболее перспективных направлений в физике твердого тела.

Нельзя говорить о научной деятельности Сергея Антоновича, не упомянув о его филигранной работе с литературой. Здесь ему не было равных. Он «просеивал» через себя огромный поток информации, отбирая самое ценное, то немногое, что стимулировало постановку новых исследований. Знакомство с литературой в немалой степени способствовало развитию его физической интуиции. Сейчас это выглядит невероятно, но факт остается фактом: Сергей Антонович практически не сделал ошибок в интерпретации экспериментальных данных.

Хотел бы упомянуть еще об одной черте Немнонова-ученого, типичной для его стиля научной работы. Он всегда стремился к исследованию не отдельных металлов, сплавов или соединений, а целых рядов, групп. Это помогало ему проследить за изменениями в спектрах в зависимости от разных факторов. Такой комплексный подход оказался весьма продуктивным и позволил сделать много интересных выводов и обобщений.

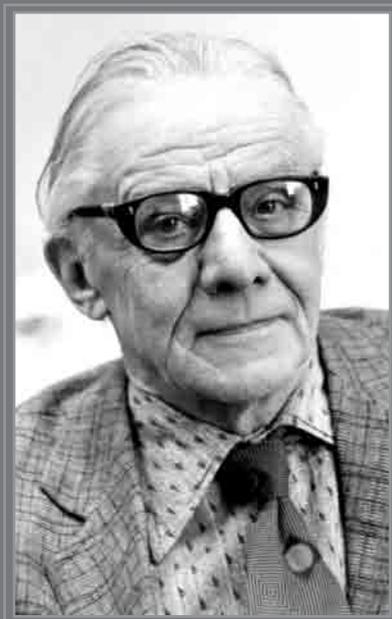
В заключение хотел бы отметить, что Сергей Антонович всегда был нацелен на решение материаловедческих задач. Он всегда думал о том, как использовать полученные им данные об электронной структуре для улучшения свойств материалов. Вспоминаю такой эпизод. Одна из высоких московских комиссий, которая проверяла деятельность института в области сверхпроводимости в 1970-е гг., из всех просмотренных работ наиболее высоко оценило работы Сергея Антоновича, особо отметив его оригинальные идеи поиска новых сверхпроводников, что стало большим сюрпризом для руководства.

Все сказанное и определило совокупность факторов, характерных для его стиля научной работы, для «школы Немнонова». Мы, его ученики и коллеги, всегда помним его и продолжаем его дело.



М.В. Келдыш, С.А. Немнонов, Г.М. Филончик в лаборатории рентгеновской спектроскопии, 1961 г.

*Э.З. Курмаев*



---

## Вспоминая о Михаиле Михайловиче НОСКОВЕ

С Михаилом Михайловичем Носковым на протяжении длительного времени мне приходилось встречаться много раз. Впервые я увидела его, когда была студенткой физмата УрГУ и слушала его лекции по оптике. Элегантный, чуть-чуть суховатый, но при этом остроумный и даже ироничный, он читал лекции живо и интересно. На экзамене мой ответ ему понравился и я получила «отлично». Следующий экзамен я ему сдавала на пятом курсе по истории физики. У меня на руках уже был полугодовалый сын Миша Изюмов. И если всю сессию я все-таки сдала на отлично, то на историю физики уже сил не осталось, и я что-то напутала. Михаил Михайлович стал мне делать внушение, что нельзя ничем пренебрегать, ведь диплом – это не только корочки. «Вот как раз и есть только корочки» – нашлась я. Он рассмеялся и, вздохнув, поставил «отлично».

А дальше началась, можно сказать, наша дружба уже на семейном уровне. У МихМиха (так мы его звали) была молодая жена Люда, закончившая университет года на 2 – 3 раньше нас. Нужна была молодая компания, и мы с Юрой Изюмовым часто бывали у них в гостях в квартире, которая тогда находилась в общежитии Университета на ул. 8 Марта. (Позже это здание отобрал СИНХ.)

Общение с человеком, который на 25 лет старше, но при всем жизненном опыте прост и естественен, имеет молодую душу, – очень интересно, и нас это привлекало. МихМих. прекрасно играл на фортепиано и даже сам писал музыку. У него было немало своих произведений – этюды, сонаты. (Злые языки даже говорили о нем: «Лучший физик среди композиторов и лучший композитор среди физиков»... Я лично не вижу в этом ничего обидного: вспомним Бородина... правда, он был химик.)

В течение двух лет (1962 – 1964 гг.) мы жили с ним в одном доме на одной лестничной площадке. Хрущевского типа пятиэтажный дом стоял в конце улицы Мира рядом с обувной фабрикой. Двери наших квартир были открыты друг для друга. Мы с Юрой часто приходили

---

к Носковым послушать музыку и поболтать. С Людмилой мы были ровесниками, а возраст МихМиха никак не чувствовался. Была разница, конечно, в статусе: мы – начинающие научные работники, а МихМих – маститый профессор, автор известного эффекта Кикоина – Носкова. Он никогда не подчеркивал эту разницу. В то же время до нас доходили слухи, что с сотрудниками ИФМ у него были непростые отношения. В 1962 г. профессор Носков был оппонентом моей кандидатской диссертации.

Михаил Михайлович был очень спортивным человеком. Со спортом, вернее, с физической культурой в точном смысле этих слов, он не расставался никогда в жизни: зарядка по утрам, ежедневные прогулки, а по выходным дням – лыжи, бадминтон, горный туризм. Именно он «заразил» Юру горной болезнью, взяв его с собой на Алтай в альплагерь «Актру».

После 1964 г., когда мы переехали на другую квартиру, наше общение с Носковыми в основном сводилось к встречам в филармонии. Прошло более 20 лет, и судьба снова близко свела нас. Мы купили дом в селе Колюткино, стоящем в живописном месте на Исети ниже Двуреченска. Каково же было наше удивление, когда узнали, что у Носковых там «имение» уже давно и они даже совратили к покупке соседнего дома известную пианистку Наталию Панкову. Михаилу Михайловичу в то время было лет 80, однако ни по образу жизни, ни по интересу к ней, ни по физической нагрузке он ни в чем не уступал своему более молодому окружению. Машин тогда ни у кого не было, и трехкилометровые пробежки от села до ближайшей станции электрички с рюкзаком за плечами и поклажей в руках он совершал спокойно наряду со всеми.

В 1999 г. М.М. Носкову исполнилось 90 лет. На ученом совете ИФМ его поздравили с таким солидным юбилеем. Одетый в элегантный серый костюм, подтянутый, с длинными густыми волосами, седыми усами – он выглядел английским джентльменом. Из-под очков в тонкой оправе смотрели живые улыбающиеся глаза. Дома у Носковых собралась компания близких друзей. Людмила испекла очень вкусный капустный пирог, выпили по рюмочке ликера (имениннику, правда, в нем было отказано). После ужина МихМих принес большой альбом с фотографиями, а сам сел за пианино, играл свои собственные сочинения по памяти живо и уверенно. Когда же обратился к нотам, то начались сбои – «Плохо стал видеть», – пояснил он. Это была одна из последних наших встреч...

*Т.Г. Рудницкая (Изюмова)*



Ветеран Великой Отечественной войны

## М.М. Носков. История открытия эффекта Кикоина – Носкова

Весной 1932 г. состоялось распределение выпускников. Шестерым: А.М. Заглубскому, С.В. Вонсовскому, М.М. Носкову, А.А. Смирнову, Я.С. Шуру и ... надлежало явиться по адресу: Ленинград, дорога в Сосновку, 2 ЛФТИ в качестве пополнения вновь формируемого физико-технического института – очередного детища ЛФТИ.

Физико-технический институт в Ленинграде своим рождением в 1918 г. обязан А.Ф. Иоффе и его ближайшим друзьям, петроградским молодым физикам, тяготившимся отсутствием условий для научных исследований в высших учебных заведениях царской России. Революция открыла дорогу такой инициативе, хотя на сколько-нибудь значительную финансовую помощь в то время не было возможности даже надеяться. На 15-м году существования ЛФТИ всё ещё ютился в двухэтажном приземистом особняке в стиле XVIII в., окружённом сосняком. Этот мини-дворец с белыми колоннами при входе внутри сохранил признаки аристократического происхождения: белокаменная парадная лестница с классическими перилами, танцевальный зал, ставший конференц-залом института, светлые проходы, уступившие часть своей площади лабораториям. При входе, как положено, сидел пожилой вахтёр (он или она), с которым директор института академик Иоффе неизменно здоровался, называя по имени-отчеству, так же как и любого из научных сотрудников (как он мог запомнить всех – непостижимо). Добродушие и доброжелательность постоянно излучала фигура Абрама Фёдоровича. Этому способствовал и его постоянный костюм – курточка-джермпер «заграничного» стиля. В институте пиджака он никогда не носил. Удивила нас, молодых, его способность компетентно, со знанием предмета, участвовать в обсуждении научных докладов, какова бы была их тематика. Особенно поразил его свободный разговор на английском со знаменитым Нильсом Бором, который однажды выступал в ЛФТИ на семинаре. После этого постоянными моими спутниками в долгом ежедневном пути в трамвае № 9 из центра города в ЛФТИ стали миниатюрные брошюры «Бэзик инглиш».

После довольно просторных учебных лабораторий университета в комнатах ЛФТИ было тесно, хотя никакого громоздкого оборудования не было. В большом почёте были зеркальные гальванометры голландской фирмы «Кипп унд зонен», настольные компенсаторы и магазины сопротивлений Хартмана и Брауна, электромагниты Дюбуа. Над рабочими столами нависали повешенные в комнате в несколько рядов соединительные провода. Вакуумные установки – исключительно стеклянные, с манометрами Мак-Леода, где необходимым компонентом была жидкая ртуть. Она же кипела в стеклянных диффузионных насосах. Кое-где применялись совершенно варварские переключатели слабых токов, состоявшие из шести портняжных напёрстков с жидкой ртутью, вплавленных в парафиновое основание. Здесь же неумолчно стучал форвакуумный масляный насос. Хотя в вакуумных установках были охлаждаемые жидким воздухом стеклянные ловушки, не приходится сомневаться, что ртутными парами воздух всех лабораторий был насыщен предостаточно. Прибавьте к этому поголовное увлечение исследованиями, которое удерживало сотрудников в институте до позднего вечера.

В тридцатых годах ЛФТИ уже был многопрофильным, хотя тематика большинства его лабораторий группировалась вокруг проблем физики твёрдого тела. Группа молодёжи – Алиханов, Арцимович, Н. Курчатов, Русинов, Харитон – устремилась в неведомое – физику атомного ядра. Состоялась первая в Союзе конфе-



В лаборатории металлооптики, 1945 г.



В.Ф. Плохих и М.М. Носков у самодельного газового лазера на углекислом газе, 1968 г.



М.М.Носков, С.А.Немнонов, С.В.Вонсовский на демонстрации, 1950 г.

ренция по ядру с участием иностранных учёных. А.Ф. Иоффе активно помогал развитию этих работ в Ленинграде и Харькове, но развивал и полупроводниковую тематику. В эти годы «модным» был «купрокс» – закись меди ( $\text{CuO}$ ). Существовали купроксные выпрямители тока, фотоэлементы. С той же целью изучались сульфиды металлов. О будущих «чемпионах» полупроводниковой электроники – германии и кремнии – тогда мало что было известно.

Одним из известных ещё с конца прошлого века способов изучения свойств носителей тока в металлах были измерения так называемого «эффекта Холла». Он состоит в том, что в пластинке металла, вдоль которой идёт постоянный электрический ток, при включении магнитного поля, перпендикулярного этому току, возникает электродвижущая сила в направлении, перпендикулярном току и полю.

Естественно было испытать возможности эффекта Холла на полупроводниковых материалах, в первую очередь – на закиси меди. Было известно, что при освещении этого полупроводника, охлаждённого жидким азотом, наблюдается фотопроводимость – его электросопротивление многократно уменьшается. Это явление получило название внутреннего фотоэффекта, состоящего в переходе связанных электронов в свободное состояние (зону проводимости) при поглощении световых квантов. При комнатной температуре этот эффект может быть незаметным, так как в зоне проводимости уже достаточно электронов проводимости, заброшенных туда тепловым движением. И.К. Кикоин пред-

ложил мне определить с помощью эффекта Холла знак и величину подвижности носителей тока в закиси меди при комнатной и азотной температурах, то есть для электронов проводимости разного «происхождения». Будут ли «термические» и «световые» электроны идентичны по своим характеристикам – знаку заряда и подвижности? Задача заманчива для новичка своей кажущейся простотой и ясностью ответа. Так казалось. Но простой по идее эксперимент превратился почти в настоящий детектив...

Образцы закиси меди приготавливались из медной фольги путём выдерживания её в электрической печи при температуре, не далёкой от температуры плавления меди, при ограниченном доступе кислорода – в потоке водяного пара. Электроды в виде платиновых проволочек предварительно зажимались

на краях медной пластинки. Готовый образец был определённо красив: тёмно-рубиновое кристаллическое стекло вроде броши-жучка с платиновыми лапками. Помещённый в пальцеобразный отросток стеклянного дюаровского сосуда, он располагался между полюсами электромагнита как положено при измерении Холл-эффекта – своей плоскостью перпендикулярно линиям магнитного поля. Освещался образец через сквозной канал в одном из полюсных наконечников электромагнита. Измерения при комнатной температуре прошли без неожиданностей: эдс Холла исправно меняла знак при обращении как тока в образце, так и направления магнитного поля. Интенсивный пучок белого света, направленный на образец, как и ожидалось, существенно не повлиял на показания приборов: добавочная проводимость, создаваемая светом, при комнатной температуре незаметна на фоне собственной проводимости. После заливки жидкого азота прежде всего пришлось менять всю измерительную аппаратуру – перейти на метод зарядки конденсатора со струнным электрометром в качестве вольтметра, так как электросопротивление закиси меди вместо прежней сотни тысяч Ом достигло нескольких миллиардов. Измерить Холл-эффект в таких условиях без освещения не удалось. Пришлось включить свет.

И тут началась «чертовщина»... Ожидаемая эдс Холла на поперечных электродах оказалась резко ассиметричной при обращении направления магнитного поля. И главное – не реагировала не только на переключение направления тока в образце, но даже на его полное выключение. Возникло подозрение, что мы наблюдали «термо эдс», возникшую от нагревания контактов сильным световым пучком. Поставили в качестве светофильтра кювету с раствором медного купороса, которая отсекала тепловые пучки. Всё оставалось по-прежнему... «Чудеса» прекратились, когда заметили, что тонкая пластинка эбонита, применяемая в качестве заслонки от света (случайно подвернулась, мог быть металл или картон), отсекая большую часть спектра света лампы накаливания, пропускает тёмно-красный свет: он порождал фотопроводность (внутренний фотоэффект), которую и зарегистрировали приборы. В этих условиях наконец холл-эффект на фотоэлектронах в закиси меди был измерен и привёл к значению подвижности, близкому к полученному при комнатной температуре. Как уже говорилось, измерить холл-эффект без освещения было невозможно ввиду высокого электросопротивления охлаждённой закиси меди. Результаты обработали, послали статью в журнал (ЖЭТФ). При этом совсем по-студенчески ошиблись в определении знака эдс Холла по «правилу трёх пальцев». Поэтому носители тока именуется в статье электронами, а не дырками, как бы следовало. Так или иначе, работа не принесла сенсации и у И.К. интерес к ней ослаб.

Теперь предстояло разобраться в «чудесах», от которых мы так счастливо и просто избавились с помощью эбонитовой пластинки...

Измерения облегчились, когда перешли на электростатический квадрантный электрометр, который имел чувствительность 3000 мм шкалы на вольт. Не подавая на образец внешнего напряжения, изменяли угол между плоскостью образца и магнитным полем. Когда повернули образец плоскостью вдоль поля и стали освещать перпендикулярно полю, «паразитный» эффект сильно возрос. И наконец – когда провода измерительной аппаратуры переключили на прежние «токовые электроды», эдс увеличилась до нескольких десятых долей вольта. Она исправно меняла знак при обращении направления магнитного поля, а также при освещении образ-

ца с противоположной стороны. Выяснилось, что наша «палочка-выручалочка» – эбонитовая пластинка полностью гасит эту загадочную эдс. Отсюда следовало, что она обязана своим появлением свету более высоких частот, чем красный свет, для которого образец прозрачен. Измерения сначала со светофильтрами, а потом с монохроматором показали, что эффект максимален в сине-зелёной части спектра, для которой закись меди не прозрачна. Этот свет поглощается в приповерхностном слое образца, где и локализуется его фотоэлектрическое действие. Зависимости эффекта от интенсивности света и магнитного поля оказались близкими к линейным. Только после этого в лабораторию был приглашён Абрам Фёдорович, который дотошно лично воспроизвёл все операции, из которых слагался процесс измерения, и как истый экспериментатор захотел убедиться в правильности порядка величины самым простым способом – он попросил присоединить к выходу компенсационной электросхемы стрелочный вольтметр. Ни авторы, ни сам А.Ф. не смогли тогда предложить разумное объяснение странному эффекту. Он напоминал своеобразный холл-эффект (по соображениям симметрии), но необходимый для него «первичный ток» должен был течь в направлении света, по нормали к поверхности образца, где у него не было замкнутого пути. Явными были лишь два фактора: свет и магнитное поле. Поэтому-то и появился первоначальный термин «фотомагнитный эффект». Краткая заметка о новом явлении была спешно послана в лондонский журнал «Нейчур», где и была опубликована (1933. V. 135, № 725.) в характерной для этого журнала постоянной рубрике, носящей подзаголовок, гласящий, что издатели «не отвечают за достоверность сведений, сообщаемых авторами заметок». Более развёрнутая статья вышла в советском журнале *Zeitschrift der Sowjetunion* (1934. T. 5, № 4 (586)). В ней содержится поспешное предположение Исаака Константиновича о возможном участии в этом явлении внешнего, поверхностного фотоэффекта. Более правдоподобное теоретическое объяснение было позднее сформулировано Лифшицем.

Обычно после опубликования научной новинки уже через год-два в нескольких странах появляются сведения о новых исследованиях в том же направлении. С фотомагнитным эффектом этого не произошло. Первая публикация, видимо, вообще прошла незамеченной, хотя появилась в распространённом английском журнале. Только через 20 лет (!), в 1953 г. ФМЭ был вновь «открыт» одновременно в Англии и Франции на полупроводнике германии. После этого И.К. Кикоин (уже в Москве), С.Д. Лазарев и др. в течение ряда лет провели дальнейшие работы на германии, соединениях индия с сурьмой и мышьяком, открыли ФМЭ на электронно-дырочном переходе, осцилляции нечётного и чётного эффектов с магнитным полем, кристаллическую их анизотропию и ряд других новых явлений. Был проведён эффектный опыт, доказавший существование в образце циркулирующих токов, которые, взаимодействуя с магнитным полем, заставляли уравновешенный германиевый цилиндр вращаться при освещении.

Ныне ФМЭ изучен у нас и за рубежом, по крайней мере, в 20 полупроводниках. На основе ФМЭ созданы малошумящие детекторы инфракрасного излучения и магнитометры, способные работать на очень высоких частотах. Развитие теории ФМЭ стимулировало дальнейшее совершенствование современной квантовой теории твёрдого тела.

---

# МЕТАЛЛОВЕДЫ

---



---

## Константин Александрович МАЛЫШЕВ

Константин Александрович Малышев родился 111 лет тому назад 22 октября 1901 г. (по старому стилю) в городе Челябинске в семье служащего. Его отец был счетным банковским работником, происходил из мещанского сословия, что в условиях царской России имело значение. К.А. Малышев с 1912 по 1919 г. учился в реальном училище, которое и окончил в апреле 1919 г. Летом того же года Константин Александрович поехал в Томск, чтобы продолжить образование, где и поступил в Томский технический институт на горный факультет. Отметим, что в то время в России было очень мало высших заведений, ближайшие к Челябинску располагались либо в Казани, либо в Томске, где технологический институт был основан еще в 1896 г.. Но нормальной учебы не получилось. В то время в России шла Гражданская война, и молодых людей, независимо от их убеждений, призывали в свои армии и «красные», и «белые». И Константин Александрович не избежал этой участи.

Летом 1919 г. он был призван в армию. В то время в Томске находилась «белая» армия, поэтому в 1919 г. с 15 августа по 20 декабря он служил в рядах «белой» армии в составе 12-го Сибирского кадрового дивизиона в качестве рядового. К счастью, он не успел принять участия в боевых действиях, так как находился в составе музыкального взвода. После прихода «красных» в Томск весь состав дивизиона перешел на их сторону, и Константин Александрович вместе со всеми солдатами вошел в состав Красной армии, в которой прослужил в звании красноармейца три месяца. Отряды Красной армии быстро продвигались на восток, а дивизион остался в Томске.

В марте 1920 г. К.А. Малышев был откомандирован из армии для продолжения образования. В Томском техническом институте он проучился до мая 1924 г., когда обстоятельства заставили его вернуться на Урал. Возможно, это было связано с тем, что он был лишен избирательных прав как выходец из мещанского сосло-

---





Здание Реального училища, в котором учился К.А. Малышев

вия, к тому же служивший в «белой» армии. Позднее он с теплотой вспоминал годы, проведенные в Томске. Так он, в частности, рассказывал, что присутствовал на защите докторской диссертации В.Д. Кузнецова, известного физика, автора монографий «Физика твердого тела» и «Кристаллы и кристаллизация», ставшего потом академиком. Тогда еще не было общих, единых требований к претендентам на научные звания, каждый институт или университет присуждал ученые звания по своим правилам.

Но в Челябинске, куда К.А. Малышев вынужден был вернуться, не было работы. Челябинск был тогда еще не промышленным, а скорее торговым городом. К.А. Малышев был вынужден уехать в Златоуст, где некоторое время работал техником на механическом заводе, а в 1925–1926 гг. – техником мартеновского цеха на металлургическом заводе. По-видимому, даже кратковременное пребывание в рядах «белой» армии отрицательно сказывались на судьбе человека, поэтому лишь в 1926 г. после восстановления в правах он смог продолжить образование, но для этого ему пришлось приехать в Свердловск.

После революции, в 1920-х г., в Свердловске был основан Уральский индустриальный институт – УИИ (теперь это – Уральский федеральный университет имени первого президента РФ Б.Н. Ельцина), в котором была открыта кафедра металлургии и термической обработки. Этой кафедрой в 1926 г. стал заведовать Сергей Самойлович Штейнберг, известный металлург и металлург, который в 1920–1925 гг. работал в Златоусте заведующим отделом треста «Уралмет». На этой кафедре с января 1928 г. по декабрь 1929 г. К.А. Малышев был сначала лаборантом, а затем старшим лаборантом, продолжая заочно учиться. Экстерном закончив учебу, К.А. Малышев вновь вернулся в Златоуст, где с февраля 1930 по февраль 1934 г. работал в центральной заводской лаборатории Златоустовского инструментального завода сначала инженером-исследователем, за-

тем заведующим металлографической лаборатории и заведующим металлотермическим отделом. Это была престижная работа на престижном заводе. Отметим, что вначале XIX в. здесь работал П.П. Аносов, заложивший начало науки металлографии. В середине XIX в. здесь трудился П.М. Обухов, создатель стальных орудий в России, затем – инженеры А.С. Лавров и Н.В. Калакуцкий, результаты исследования которых позволили Д.К. Чернову обосновать доказательство фазовых превращений в железе и сталях. В июне 1930 г. в лабораторию поступил выпускник Казанского университета Виссарион Дмитриевич Садовский, сотрудничество Малышева с которым продолжалось всю последующую жизнь. Казалось, можно работать и работать на этом месте. Но вскоре судьба Константина Александровича вновь круто изменилась.

В 1932 г. в Свердловске был открыт Уральский филиал Академии наук СССР, в составе которого был создан сектор физико-химического анализа с лабораторией металлостроения. Заведовал сектором С.С. Штейнберг, который начал подыскивать сотрудников в состав лаборатории. Естественно, прежде всего в нее приглашались известные ему исследователи. Так, в феврале 1934 г. К.А. Малышев оказался вновь в Свердловске в качестве сотрудника лаборатории металлостроения. Вся его последующая научная деятельность будет связана с этой лабораторией. В ней К.А. Малышев трудился до февраля 1985 г., пока не ушел на заслуженный отдых.

В это время металлостроители обратили внимание на то обстоятельство, что механические свойства сталей при комнатной температуре существенно зависят от величины аустенитных зерен, существовавших при высоких температурах. Величину зерна в сталях определяли по методу Мак-Квед-Эна т.е. после нагрева до 925 °С и выдержки 8 ч. В некоторых сталях после такой обработки образовывались очень крупные зерна, а в других – мелкие. Вследствие этого металлурги начали делить стали на наследственно крупнозернистые и на наследственно мелкозернистые. К.А. Малышев показал, что такое деление неверное, просто в некоторых сталях укрупнение зерна происходило при более низких температурах, чем в других сталях близкого состава. В сталях с крупным зерном аустенита после охлаждения наблюдался крупнокристаллический, так называемый камнеподобный излом. Причины этого явления были не ясны. К.А. Малышев исследовал большое количество легированных сталей, выплавленных на



К.А. Малышев, И.Н. Ефремов (сидит) и В.Д. Садовский  
Златоуст, март 1931 г.



К.А. Малышев в первые годы работы  
в Институте физики металлов

разных заводах Урала и Украины. Он показал, что на образование камневидного излома влияет не столько химический состав сталей, сколько их «металлургическая природа», т.е. наличие в сталях тех или иных примесей.

К.А. Малышев провел серию тщательно продуманных опытов, в результате которых показал, что небольшие добавки в сталь ванадия, алюминия или титана препятствуют росту зерна при нагреве, поскольку они образуют мелкие включения, тормозящие рост зерен. Зерна начинают расти только тогда, когда эти включения растворяются и переходят в твердый раствор. Подобное явление наблюдалось как в сталях с полиморфными превращениями, так и в аустенитных сталях. Эти результаты были обобщены в кандидатской диссертации «Кинетика роста зерна аустенита, влияние на нее небольших добавок алюминия и других элементов, а также условий предварительной горячей и термической обработки стали». Защита состоялась 5 января 1943 г., одним из оппонентов был академик Н.Т. Гудцов, другим – М.В. Якутович.

Но во время Великой Отечественной войны К.А. Малышев занимался и другими проблемами. В частности, были продолжены исследования по скоростной термообработке сталей, начатые еще до войны. Так, совместно с Н.М. Родигиным были проведены важные работы по ско-

ростному электронагреву деталей, который на несколько порядков быстрее позволял осуществлять термообработку. Результаты этих исследований были опубликованы уже после войны. Кроме этого многие работы велись непосредственно на оборонных предприятиях. Их целью было не только ускорение термообработки, но и улучшение качества деталей. Эти работы были высоко оценены правительством. Например, в 1946 г. К.А. Малышев был награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», а в 1953 г. – орденом «Знак Почета».

После войны было исследовано влияние газов, а также скорости нагрева на рост зерна. Эти опыты привели не только к важным результатам по установлению кинетики роста зерен, но позволили подойти к проблеме «нафталинистого» излома в сталях, решение которой обусловило появление нового направления в изучении фазовой перекристаллизации сталей, которое позднее получило название структурной наследственности в сталях при нагреве. Но начало исследования этой области было положено работами по изучению кинетики роста зерен как при увеличении температуры нагрева, усилении влияния на это процесс предварительной деформации и термообработки, так и при изменении состава сталей.

Интересные результаты были получены при изучении аномального поведения роста зерна при повторных закалках быстрорежущей стали Р18. Это одна из наиболее легированных сталей, изобретение которой в начале XX в. произвело настоящую революцию в токарном деле. Она позволила увеличить скорость резания металла в 8–10 раз. При таких скоростях резания резцы нагревались до красного каления, т.е. до 550 –...580 °С. Обычные инструментальные стали при таких температурах теряли твердость и не могли обрабатывать металл, а быстрорежущая сталь сохраняла твердость. Тем не менее и инструмент из быстрорежущей стали изнашивался, а после его исправления требовалась новая закалка, которая, как и в первый раз, производилась для этой стали от температуры 1280 °С, близкой к температуре плавления стали. Но если при первом нагреве в стали сохранялось мелкое зерно аустенита, что после закалки обеспечивало получение высокой вязкости стали, то повторный нагрев до этой температуры приводил к катастрофическому росту зерна. Оно могло быть в десятки и сотни раз крупнее первоначального, что резко снижало ударную вязкость стали. Уже при небольших ударных нагрузках, неизбежных при токарных работах, происходило хрупкое разрушение инструмента. Излом имел характерный крупнокристаллический вид, похожий на кристаллы нафталина, за что и получил название «нафталинистый» излом.

Но при третьем нагреве до высоких температур происходило непонятное явление. Образующиеся выше температуры фазового превращения зерна аустенита, казалось, наследовали величину первоначальных зерен, что еще можно было объяснить образованием текстурованных структур. Но при дальнейшем повышении температуры часто наблюдалось измельчение зерна. Это явление ставило исследователей в тупик. По всем существовавшим тогда представлениям, повышение температуры должно было вести к росту зерен, кроме единственного исключения, когда в металле шла рекристаллизация. Тогда могло происходить как укрупнение, так и измельчения зерна. Но для того, чтобы произошла рекристаллизация, металл должен был испытать деформацию, обусловившую дефекты в структуре металла, прочность его возрастала. Как говорили в то время, металл испытывал наклеп. Рекристаллизация металла устраняла дефекты и могла привести как к росту зерен, так и к их измельчению.

К.А. Малышев сделал очень важное и смелое утверждение. Он предположил, что фазовое превращение как и деформация, сопровождается возникновением дефектов кристаллической решетки в стали и ее упрочнением. Он обозначил это явление как фазовый наклеп. Тогда измельчение зерна при повторных нагревах быстрорежущей стали легко объяснялось протеканием в ней рекристаллизации аустенита, обусловленной фазовым (внутренним) наклепом. Вышедшая в 1950 г. статья В.Д. Садовского, К.А. Малышева и Н.В. Вьяль о перекристаллизации быстрорежущей стали при последующих нагревах, по-существу, положила начало развитию очень важного нового направления в металловедении.

Немного позднее, в том же 1950 г., вышла статья К.А. Малышева, В.Д. Садовского и Б.Г. Сазонова «Рекристаллизация аустенита, обусловленная внутренним наклепом». В ней уже четко было заявлено, что ориентационное соответствие при фазовых превращениях проявляется во многих сталях, закаленных на мартенсит, не только при охлаждении, но и при последующем нагреве. В статье утверждалось, что: «Процесс перекристаллизации при нагреве стали представ-



К.А. Малышев и В.Д. Садовский  
в лаборатории около дилатометра

ляет собой сложное явление, включающее фазовое превращение, рекристаллизацию и рост зерна». Начались новые опыты по перекристаллизации сталей, которые служили подтверждением новой теории превращений при нагреве. Они проводились очень интенсивно, и в 1954 г. вышла монография этих трех авторов «Фазовые и структурные превращения при нагреве стали». К.А. Малышев, по-видимому, посчитал законченным это направление в науке, так как практически прекратил публиковать статьи по этой теме.

Но его интерес к росту зерна аустенита, приводящего при охлаждении к появлению камневидного или нафталинистого излома, не угас. Он исследовал проблему устойчивого перегрева (камневидного излома) стали, нередко возникающего на практике в результате несоблюдения тепловых режимовковки и прокатки. Было установлено, что камневидный излом связан с выделением неметаллической фазы (сульфидов) на границах зерен, поэтому он не исправлялся обычной перекристаллизацией стали

и мог быть устранен лишь гомогенизацией или повторной нормальной горячей механической обработкой заготовок. Вскоре во всесоюзном справочнике «Металловедение и термическая обработка» вышла глава «Изломы стали», написанная К.А. Малышевым и В.Д. Садовским, которая в значительной мере обобщала эти результаты. Позднее этот справочник и глава об изломах в стали были переизданы.

В это же время К.А. Малышев пришел к выводу, что фазовый наклеп, являющийся причиной рекристаллизации аустенита при нагреве, может быть использован для упрочнения аустенитных сплавов. Эти немагнитные прочные сплавы применяются в энергетике при изготовлении электрогенераторов. Все последующие годы жизни он посвятил решению этой проблемы. Здесь возникали три основные трудности. Так как работать со сплавами нужно было при обычных, как говорят, комнатных температурах, то необходимо было найти сплавы таких составов, чтобы аустенит мог существовать при этих температурах. Это не простая задача, поскольку обычно аустенит устойчив лишь при высоких температурах, выше 700 С. Необходимо было так подобрать легирование сталей, чтобы получить в них аустенитное состояние при более низких, комнатных температурах. Более того, это легирование должно было оставить аустенит неферромагнитным, однако легирование сталей большим количеством никеля приводит к появлению ферромагнитного аустенита.

Вторая трудность заключалась в том, чтобы обеспечить в этих сплавах существование мартенситного превращения при отрицательных температурах, которые можно получать при обработке холодом, используя жидкий углекислый газ или жидкий азот. Такие сплавы получили название аустенитных сталей переходного класса. После охлаждения ниже комнатной температуры в них образовывалось некоторое количество мартенсита. Отогрев до комнатной температуры приводил к появлению двухфазной аустенитно-мартенситной структуры. При нагреве до относительно невысоких температур (400–...600 °С) в них происходило обратное  $\alpha$ – $\gamma$ -превращение, которое осуществлялось также преимущественно бездиффузионным сдвиговым механизмом. В результате фазового наклепа, возникающего при прямом и обратном мартенситных превращениях, аустенит упрочнялся. Ранее такой процесс упрочнения аустенита нигде в мире не осуществлялся. В результате исследования большого количества аустенитных сплавов, легированных Ni, Cr, Mn, W, Ti, V, C, которые имели мартенситные точки от  $-20$  до  $-100$  °С, были установлены основные закономерности упрочнения аустенита фазовым наклепом. Оказалось, что максимальное упрочнение, достигаемое при этом, соответствует упрочнению аустенита после пластической деформации на 30 – 35%.

В результате фазового наклепа предел текучести аустенита мог в 2–3 раза превышать исходную величину предела текучести при сохранении высокой пластичности. На исследованных сплавах удавалось получать предел текучести, равный 60 – 80 кг/мм<sup>2</sup>, и удлинение более 25%. Понятно, что получение немагнитных аустенитных сталей с такими характеристиками механических свойств представляло большой интерес для практики.



К.А. Малышев за рабочим столом

Следующей проблемой, возникшей в связи с обращением к практическому применению высокопрочных немагнитных сталей, стала разработка нового метода фазового наклепа аустенитных сталей, не требовавшего обработки холодом. В связи с этим были разработаны стареющие сплавы, в которых сочетание прямого и обратного мартенситных превращений с процессами старения позволяло добиваться значительного увеличения прочности сплавов, без обработки холодом.

Таким образом, впервые было показано, что фазовый наклеп является совершенно новым методом повышения прочности аустенитных немагнитных сталей. В некоторых отношениях он имел несомненные преимущества по сравнению с механическим наклепом или упрочнением аустенитных сплавов путем старения. В результате под руководством К.А. Малышева были разработаны и внедрены новые марки немагнитных сталей, не уступающие по свойствам современным конструкционным сталям высокой прочности. Многие его разработки нашли применение в промышленности. Так, внедрение новой технологии полугорячего наклепа немагнитных бандажных колец для мощных турбогенераторов было осуществлено на Уралмашзаводе, что кроме повышения качества продукции принесло большой экономический эффект.

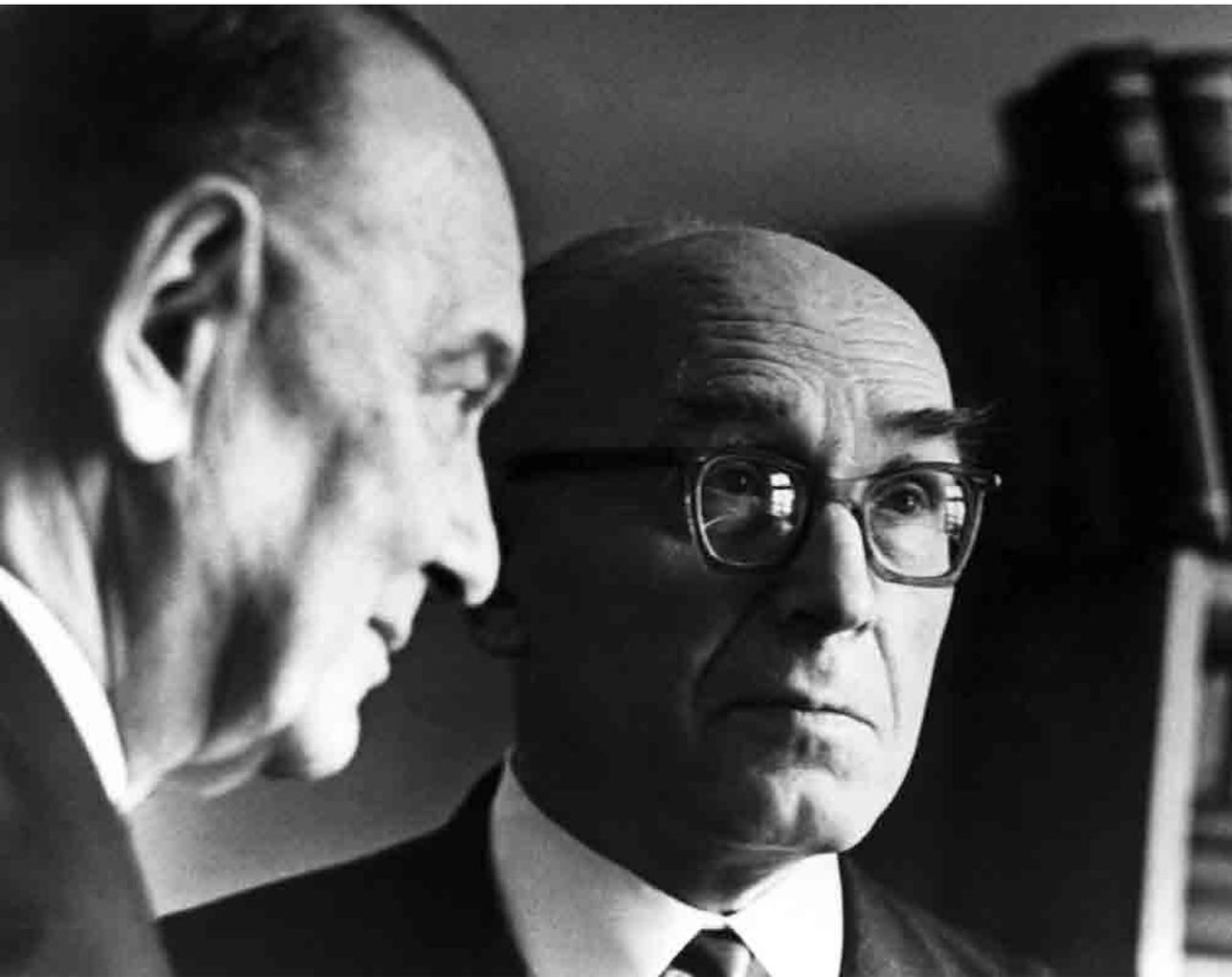
К.А. Малышев, исследуя Ni–Ti аустенитные стали, обнаружил новое явление: стабилизацию аустенита по отношению к мартенситному превращению за счет предварительного интерметаллидного старения. Обычно выделение фазы Ni<sub>3</sub>Ti при старении дестабилизирует аустенит и повышает температуру начала мартенситного превращения в результате обеднения аустенитной матрицы никелем и титаном. Однако, как было показано, начальные стадии старения вызывают противоположный эффект: упругие поля напряжений вокруг выделяющихся частиц затрудняют развитие зародышей мартенсита и поэтому требуется дополнительное охлаждение стали, чтобы прошло мартенситное превращение. На основе этого эффекта К.А. Малышеву вместе с учениками удалось предложить новый способ поверхностного упрочнения деталей из аустенитных сталей (например шестерен) в результате формирования высокопрочной и износостойкой мартенситной «корочки» заданной толщины.

Константин Александрович уделил большое внимание разработке упрочняемых фазовым наклепом нержавеющей сталей, имеющих интервал обратного мартенситного превращения при достаточно высоких температурах (550–...700 °С), при которых снижаются прочностные характеристики в результате развития возврата или рекристаллизации. Были разработаны фазонаклепываемые нержавеющей стали, легированные одним из тугоплавких элементов (W, Mo, V, Nb и др.), что позволило не допустить разупрочнения сталей при завершающей операции фазового наклепа – высокотемпературного обратного мартенситного превращения  $\alpha$ – $\gamma$ .

К.А. Малышев отдал много сил и энергии для решения задач оборонной промышленности СССР. В 70–80 гг. прошлого века в СССР требовались высокопрочные неферромагнитные аустенитные стали для корпусов и оборудования специальных судов. К.А. Малышевым и его учениками была разработана упрочняемая фазовым наклепом и старением аустенитная сталь типа Н26ХТ1 с высокой усталостной прочностью, которая была принята заводом Трансмаш (г. Барнаул) для изготовления тяжело нагруженных деталей (шатун) специального дви-

гателя 7Д6-150. Стойкая против коррозионного растрескивания в морской воде аустенитная сталь типа X12Н17Т3 была предложена для высокопрочных корпусов неферромагнитных судов. Был разработан также состав неферромагнитного чугуна 4Н20М2Ш, упрочняемого фазовым наклепом, который был предложен в качестве материала для корпусов дизелей специальных маломагнитных судов.

Много времени К.А. Малышев уделял работе с аспирантами и соискателями ученой степени. Он всегда вежливо, но настойчиво требовал полной ясности в изложении материала диссертаций. Он никогда не употреблял грубых выражений. Однако были случаи, когда он практически полностью переписывал диссертацию ученика. Тогда, возможно, нелицеприятные мысли и появлялись в его голове. Группа К.А. Малышева входила в состав лаборатории академика В.Д. Садовского. Аспиранты получали необходимое моральное воздействие от обоих шефов по-разному. В.Д. Садовский использовал достаточно жесткую критику



К.А. Малышев и В.Д. Садовский



Перекур на работе

ку в отношении научных результатов сотрудников лаборатории, что заставляло их работать еще активнее и доказательнее. К.А. Малышев, наоборот, обычно мягко журил своих сотрудников и посмеивался. И это тоже заставляло работать как надо. Вообще в 70-е гг. XX в. молодые сотрудники лаборатории работали почти в две смены – с утра и до позднего вечера: настолько интересны были научные проблемы и благоприятен научный климат. Несмотря на добровольный продолжительный 12-часовой рабочий день, в то далекое время криминалом считались опоздания на работу на 15 минут. За это грозили выговором и лишением премий. Зато в праздники и дни рождения все достойно отмечали эти события в рабочее время. К.А. Малышев и В.Д. Садовский принимали активное участие в торжествах, не видя ничего плохого в таких неформальных встречах.

Исследования по упрочнению аустенита циклическими превращениями  $\gamma$ - $\alpha$ - $\gamma$  вошли в монографию «Фазовый наклеп аустенитных сплавов на Fe-Ni основе», за которую в 1984 г. К.А. Малышев (совместно с В.В. Сагарадзе и А.И. Уваровым) получил Премию АН СССР имени П.П. Аносова. Президент АН СССР академик Александров при вручении премии отметил, что «фазовый наклеп» – это жаргон, который уральцы используют для обозначения своего нового метода упрочнения.

В заключение хочется отметить, что К.А. Малышев охотно делился своими знаниями. У него были аспиранты и соискатели научной степени не только среди сотрудников Института физики металлов, но и среди заводских работников, например П.А. Устюгов (защитивший диссертацию в 1966 г.), Е.И. Щедрин (1975 г.). Многие кандидаты и доктора наук справедливо считают К.А. Малышева своим учителем, даже если формально он не был их научным руководителем. Добрый десяток человек защитили под руководством К.А. Малышева кандидатские диссертации (М.М. Василевская, Э.Д. Бутакова, Н.Д. Земцова, В.Н. Платонов, Ю.А. Васева, Т.П. Васечкина и др.). Трое из них впоследствии стали докторами наук: В.В. Сагарадзе (1980 г.), А.И. Уваров (1983 г.), В.А. Теплов (1989 г.). Все они с благодарностью вспоминают то время, когда им приходилось работать вместе с таким научным руководителем, который прекрасно разбирался и в научных, и в производственных вопросах.

*В.В. Сагарадзе, В.М. Счастливец*

### Список литературы

1. Садовский В.Д., Малышев К.А., Вяль Н.В. Природа нафталинистого излома в быстрорежущей стали // Изв. сектора физ.-хим. анализа, 1950, Т. 20, С. 345–350.
2. Малышев К.А., Садовский В.Д., Сазонов Б.Г. Рекристаллизация аустенита, обусловленная внутренним наклепом // Термическая обработка металлов. М.–Свердловск. 1950. С. 138–143.
3. Фазовый наклеп аустенитных сплавов на железо-никелевой основе / К.А. Малышев, В.В. Сагарадзе, И.П. Сорокин, Н.Д. Земцова, В.А. Теплов, А.И. Уваров; Отв. ред. В.Д. Садовский. М.: Наука, 1982. 260 с.
4. Садовский В.Д., Малышев К.А., Бутаков Д.К. Изломы стали // Металловедение и термическая обработка. Т. 1. М.: Металлургиздат, 1961. С. 300–309.



---

## Краткая биография Эмилии Сергеевны ЯКОВЛЕВОЙ

Эмилия Сергеевна Яковлева родилась 11 февраля 1906 г. в Петербурге в семье педагогов. Отец был преподавателем Лесотехнической академии в Ленинграде, мать – учитель в гимназии. В 1923 г. Э.С. Яковлева окончила 168-ю трудовую школу в Петрограде и в том же году поступила в Политехнический институт на физико-механический факультет, который окончила в 1930 г. по специальности инженер-физик. Во время учебы с 1928 г. она работала в Ленинградском физико-техническом институте в качестве лаборанта, затем с 1930 г. приступила к самостоятельной исследовательской работе. Первые ее статьи были посвящены изучению пластической деформации. До начала исследований требовалось провести большую подготовительную работу. Необходимо было наладить выращивание кристаллов разных металлов заданных форм и размеров. Дело это требовало терпения, настойчивости и большой аккуратности. После многочисленных неудачных попыток установка была собрана. Затем необходимо было разработать методику определения ориентации кристаллов. Эта методика опубликована Э.С. Яковлевой в 1931 г.

В 1932 г. Э.С. Яковлева вошла в группу молодых талантливых ученых, отобранных Абрамом Федоровичем Иоффе для организуемого в г. Свердловске Уральского физико-технического института. Эта группа явилась ядром будущего Института физики металлов УрО РАН.

С 1936 г. Э.С. Яковлева постоянно жила в г. Свердловске. Руководство города с вниманием отнеслось как к организации УралФТИ, так и к решению бытовых проблем его сотрудников. Специалистам из Ленинграда выделили квартиры в одном из вновь построенных домов с высокой степенью комфорта на ул. Шейнкмана, 19. Все эти люди были молоды. Они работали в одном институте и жили по соседству. Они дружили и много времени проводили вместе. Это способствовало образованию довольно крепкого молодежного коллектива.

Свердловск – город металлургов и машиностроителей, и все научные интересы Урал ФТИ были направ-

---

лены на развитие исследований, помогающих понять структуру и свойства сталей и сплавов. Важное место в этих работах занимали исследования механических свойств. С момента образования института в одном из первых приказов была организована лаборатория механических свойств во главе с М.В. Якутовичем. В числе сотрудников лаборатории была и Э.С. Яковлева. Лаборатория входила в отдел, возглавляемый Н.Н. Давиденковым. В этой лаборатории Эмилия Сергеевна проработала всю свою жизнь до выхода на пенсию в 1976 г.

В этот период Э.С. Яковлева успешно работала над изучением поведения металлов и сплавов при нагружении в широком интервале температур и скоростей деформации. Она опубликовала ряд статей по кинетике механического двойникования кристаллов и обзор по методам выращивания монокристаллов из расплава и путем рекристаллизации, высоко оцененных научным сообществом. Также проводила работу по изучению текстуры прокатки и рекристаллизации трансформаторной стали для получения оптимальных магнитных свойств. В 1935 г. Э.С. Яковлева защитила диссертацию, посвященную скачкообразной деформации кристаллов цинка, и стала кандидатом физико-математических наук. Исследование характера деформации кристаллов цинка было осуществлено в соавторстве с М.В. Якутовичем. Экспериментальная часть этой работы подтвердила точку зрения Н.Н. Давиденкова и опровергла представление Орована о процессе скачкообразной деформации. В 1939 г. получила звание старшего научного сотрудника. Представляя Э.С. Яковлеву к этому званию, М.В. Якутович характеризовал ее как «одного из наиболее квалифицированных специалистов в СССР в области выращивания металлических монокристаллов и изучения пластической деформации, проявляющую вдумчивость и всестороннее знакомство с предметом».

С самого начала трудовой деятельности Э.С. Яковлеву отличали высокая требовательность к себе, аккуратность при проведении эксперимента и тщательная, даже скрупулезная, работа с литературой. В то далекое время, когда основным источником информации была статья в журнале, работа с первоисточниками имела особый смысл. Эмилия Сергеевна владела английским и немецким языками. Очень ценились составленные ею конспекты, можно было удивляться и восхищаться высоким творческим подходом к изложению существа вопроса. Разные исследовательские группы часто приглашали ее выступить на семинаре с обзорами.

Так уж случилось, что, переехав из Ленинграда и толком еще не обжившись на новом месте, институт, как и вся страна, оказался перед лицом страшной войны. При возникновении такой угрозы все граждане объединились, старались работать лучше.

Во время Великой Отечественной войны Э.С. Яковлева решала ряд задач, поставленных оборонными заводами, например, выясняла причины брака вкладышей подшипников авиационных моторов. В институте катастрофически не хватало приборов и лабораторного оборудования. Того, что удалось при-



Деревня Дубник на Каме. Лето 1949 г.  
В первом ряду слева направо:  
Э.С. Яковлева, Л.А. Орлова, Н.Ф. Сюткин

вести из ЛФТИ, было явно не достаточно. Принимала участие в этой работе и Э.С. Яковлева. Она создавала аппаратуру для определения ударной вязкости тонкого листового материала, разрабатывала метод определения ориентировки металлических кристаллов, прибор для съемки текстурogramм крупнозернистого металла. В 1946 г. Э.С. Яковлева была награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг.».

После окончания войны институт стал развиваться быстрыми темпами, появилось новое оборудование. Значительный прорыв в исследовании структуры металлов произошел с появлением новых оптических и электронных микроскопов. Сформировались новые взгляды на природу прочности материалов. Началась интенсивная работа по созданию теории дислокаций. Теоретики института активно включились в этот процесс. Здесь надо отметить большие усилия Алексея Николаевича Орлова как в разработке, так и, особенно, в популяризации теории дислокаций. Тем более что среди «прочностников» были люди, весьма критически настроенные к самой идее дислокации. Э.С. Яковлева была в числе сторонников теории дислокаций, активно привлекала ее к интерпретации эксперимента.



Юбилей Э.С. Яковлевой, 4 ноября 1976 г.



В.И. Сюткина, академик В.Е. Панин и Э.С. Яковлева, 1976 г.

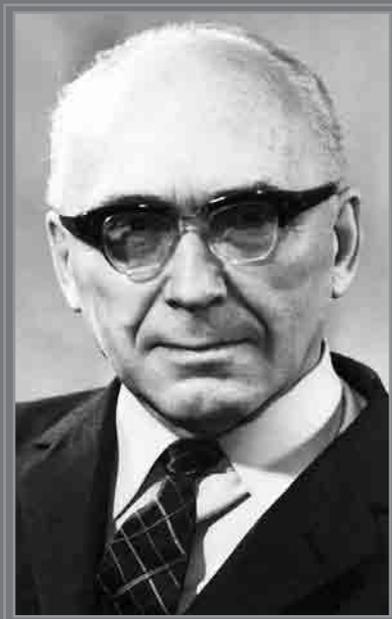
У Эмили Сергеевны стали появляться молодые помощники, в частности В.И. Сюткина. В этот период были начаты работы по атомно-упорядоченным сплавам. Небольшой научный коллектив, сложившийся вокруг Э.С. Яковлевой, весьма плодотворно работал. Эти работы получили признание в России и за рубежом. Трудовая деятельность Э.С. Яковлевой была отмечена орденом Ленина (март 1954 г.). Установились очень хорошие научные и чисто человеческие отношения с коллегами из г. Томска. Эти отношения, основанные на высокой требовательности к научным результатам и одновременно теплоте общения, прошли через всю жизнь Эмили Сергеевны и ее сотрудников.

Эмилия Сергеевна Яковлева – специалист высокой квалификации, сумевшая в те непростые годы быть образцом человеческого отношения с коллегами и предельной честности к делу, которому она отдала всю свою жизнь.

*Н.Н. Сюткин*

### Список литературы

1. Яковлева Э.С. Обзор способов получения металлических монокристаллов // *Металлург*, 1933, Т. 6, № 11, С. 68–80.
2. Яковлева Э.С., Якутович М.В. Скачкообразная деформация кристаллов цинка // *ЖТФ*, 1935, Т. 5, С. 10–22.
3. Якутович М.В., Яковлева Э.С. Форма механического двойника и причины ее обуславливающие // *ЖЭТФ*, 1939, № 9, С. 884–889.
4. Яковлева Э.С. К вопросу о механизме начальной стадии деформации // *ФММ*, 1961, Т. 11, № 3, С. 479–481.
5. Сюткина В.И., Яковлева Э.С. Микроскопическое изучение деформаций упорядочивающихся сплавов медь-золото и медь палладий // *ФММ*, 1962, Т. 14, № 5, С. 745–750.



---

## Десять страниц о Виссарионе Дмитриевиче САДОВСКОМ

Научная деятельность Виссариона Дмитриевича Садовского была продолжительной и плодотворной. Она началась сразу же после окончания Казанского университета в 1930 г., когда молодой выпускник прибыл на Златоустовский инструментальный завод в металлографическую лабораторию, в которой когда-то работали П.П. Аносов и П.М. Обухов. Уже в следующем 1931 г. в журнале «Сообщения Всесоюзного института металлов» была опубликована статья инженеров И.Н. Ефремова, К.А. Малышева и В.Д. Садовского «Закалка стали и стальных изделий с минимальным изменением размеров». Эта статья стала первым научным трудом будущего академика. С последним публичным докладом «Исправление крупнозернистой структуры при термической обработке сталей (еще раз о точке «b» Чернова)» В.Д. Садовский выступит на 7-м Международном конгрессе по термической обработке 13 декабря 1990 г. в Москве. Через два месяца В.Д. Садовского не стало. Несколько публикаций, в которых он был соавтором, появились уже после его кончины.

Результаты его первой статьи позволили внедрить на заводе новый метод бездеформационной закалки ленточных пил. Через три года, в 1933 г., В.Д. Садовский совместно с П.А. Трофимовым в двух статьях предложил новый ускоренный способ отжига легированной стали, так называемый изотермический отжиг, и в настоящее время широко используемый в промышленности. В 1934 г. в журнале «Заводская лаборатория» В.Д. Садовский опубликовал статью «Структурный метод определения обезуглероженного слоя на быстрорежущей стали». Этот метод, известный в советской литературе как «метод В. Д. Садовского», позднее был изложен в ГОСТ 5952-51. Он до сих пор сохраняется как арбитражный метод для выяснения возможных разногласий о глубине обезуглероженного слоя в сталях при контроле его новыми методами. Так В.Д. Садовский заявил о себе как о прекрасном металлографе, который варьировал различные режимы тер-

---

мообработки и проводил затем металлографическое исследование структуры, выявляющее природу произошедших в ней превращений.

В 1935 г. начался новый этап научной деятельности В.Д. Садовского. По приглашению С.С. Штейнберга он переезжает в Свердловск, где успешно работала Лаборатория металловедения Уральского филиала Академии наук СССР. В 1930-е гг. наиболее интересным и актуальным вопросом металловедения была проблема превращения переохлажденного аустенита. Именно ею и занялся В.Д. Садовский, изучая промежуточное превращение в сталях, а также связь получаемой структуры с механическими свойствами. Вскоре, в 1937 г., он опубликовал две работы, которые были иллюстрированы прекрасными микрофотографиями.

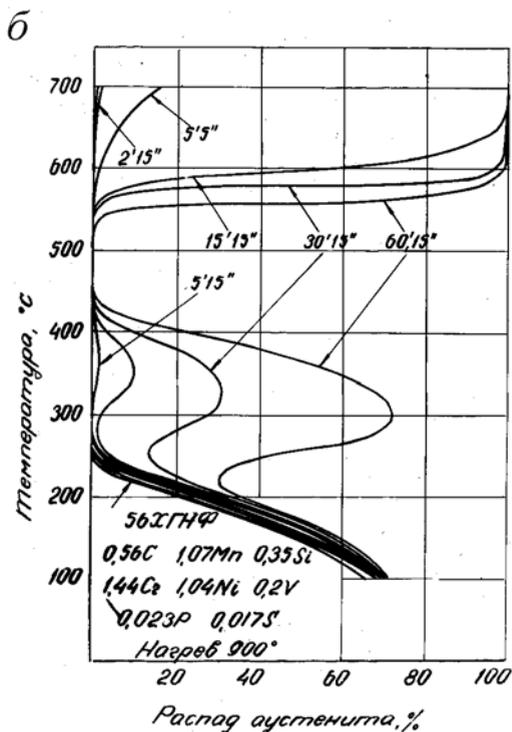
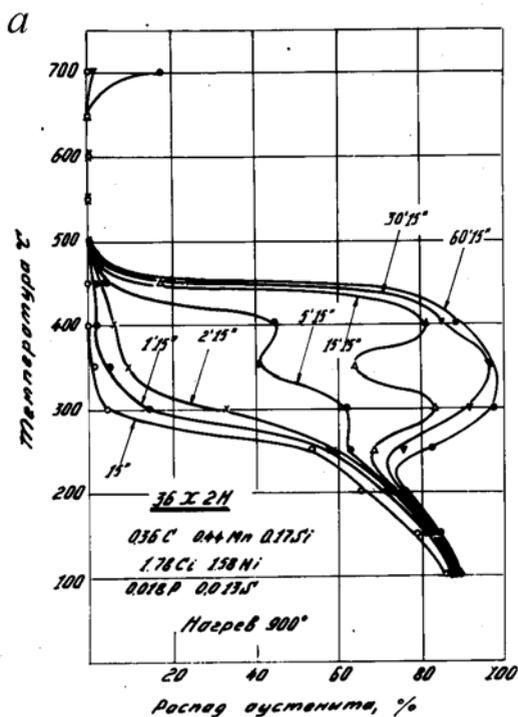
В 1939 г. В.Д. Садовский опубликовал результаты, которые до сих пор приводятся во всех учебниках по металловедению. Они показывали влияние основных легирующих элементов на положение мартенситной точки в сталях, количество остаточного аустенита и скорость его распада при последующем отпуске. В том же году В.Д. Садовский защитил кандидатскую диссертацию на тему «Остаточный аустенит и его влияние на свойства закаленной стали». В сентябре 1940 г. по представлению председателя Уральского филиала АН СССР академика И.П. Бардина В.Д. Садовский был назначен и затем утвержден заведующим лабораторией металловедения Института металлургии, металловедения и металлофизики УФАН СССР.

Всю Великую Отечественную войну В.Д. Садовский работал над оборонными заказами, очень часто выезжая в Серов и Нижний Тагил для помощи заводам. Теперь уже не составляет тайны тот факт, что он работал над повышением качества снарядов. Работа продвигалась успешно. За эту деятельность В.Д. Садовский был награжден орденом Красной Звезды, который вручался лишь за боевые заслуги.

Но в военные годы В.Д. Садовский занимался не только «прикладной» тематикой. Именно тогда им был получен огромный фактический материал, который послужил основой его докторской диссертации, защищенной еще до окончания войны – 27 апреля 1945 г. 30 января 1945 г. была подписана к печати первая монография В.Д. Садовского «Структурные превращения при закалке и отпуске конструкционных сталей». В ней приведены результаты исследования 12 промышленных и 23 опытных сталей. Продолжением стала вторая монография, подписанная к печати 29 октября 1945 г. – «Влияние легирующих элементов на ударную вязкость конструкционных сталей и явления хрупкости при отпуске». Она послужила отправной точкой для исследований природы отпускной хрупкости. Дальнейшим обобщением в этой области стал атлас диаграмм «Превращения переохлажден-



В.Д. Садовский в 1940-е гг.



Диаграммы изотермических превращений переохлаждённого аустенита в легированных сталях: а – сталь 36X2H; б – сталь 56XГНФ

ного аустенита», одна из первых в мире работ такого рода. В него вошли диаграммы превращения аустенита для 23 промышленных и 23 опытных сталей.

Выпущенный в то же время в Америке подобный атлас содержал диаграммы 50 марок стали. Три монографии за два года! Достойное завершение напряженной работы в годы войны.

Научный вклад В.Д. Садовского в проблему превращения переохлажденно-го аустенита стал общепризнанным. Недаром дважды при издании справочника «Металловедение и термическая обработка» написание глав «Диаграммы кинетики изотермических превращений аустенита» в 1956 г. и «Диаграммы кинетики превращений переохлажденного аустенита» в 1961 г. было поручено представителям уральской школы металлургов: В.Д. Садовскому и А.А. Попову. В эти же годы В.Д. Садовский написал три главы в монографию «Металловедение», выпущенную в 1961 г. под авторством С.С. Штейнберга, ставшую учебником для студентов и инженеров.

Еще в годы войны В.Д. Садовский большое внимание уделял вопросам механических свойств стали, в том числе самому непонятному и изменчивому свойству – ударной вязкости, которая в сталях близкого состава может различаться в десятки раз. В то время существовало множество гипотез о причинах, вызывающих охрупчивание стали. Рассматривались разные факторы: от влияния печных газов до распада аустенита при отпуске. В.Д. Садовский, изучая превращения переохлажденного аустенита при разных температурах, обращал внимание не только

на кинетику превращения и форму продуктов превращения, но и на механические свойства стали. Был выполнен огромный объём работ. Так, только в 1956 г. опубликованы результаты исследования необратимой отпускной хрупкости для 30 различных марок стали. Влияние обработки холодом на механические свойства изучено на 18 сталях разных классов. Естественно, что вскоре были получены интересные результаты.

Большой вклад в изучение явлений обратимой и необратимой отпускной хрупкости внесли два аспиранта В.Д. Садовского Л.В. Смирнов и Е.Н. Соколов. Так, в исследованиях, выполненных Е.Н. Соколовым, были получены неопровержимые доказательства того, что необратимая отпускная хрупкость связана с процессом карбидообразования при распаде мартенсита. Но для многих сталей после изотермической закалки на бейнит, в структуре которых содержится большое количество остаточного аустенита, падение ударной вязкости было обусловлено уменьшением количества остаточного аустенита.

Труднее прокомментировать работы, относящиеся к изучению обратимой отпускной хрупкости, проводимые Л.В. Смирновым. Одной из причин появления её могли быть выделения примесей или образование избыточных фаз по границам зерен. Для выяснения этих обстоятельств была продумана система опытов, в которых варьировались величина аустенитного зерна и время пребывания стали в аустенитном и ферритном состояниях. Но вскоре было обнаружено новое неизвестное ранее явление, заставившее серьезно перестроить намеченный план работ. Был открыт метод высокотемпературной термомеханической обработки сталей – ВТМО, заслуживающий специального описания. Хочется отметить, что работы В.Д. Садовского по проблеме отпускной хрупкости нашли признание у научной общественности страны, и ему было поручено подвести итоги в многолетней дискуссии по отпускной хрупкости. Это было сделано в статье «Итоги дискуссии по отпускной хрупкости стали», опубликованной в журнале «Металловедение и термическая обработка» в 1957 г.

К этому времени относятся работы В.Д. Садовского и К.А. Малышева по выяснению причин появления транскристаллитного, «нафталинистого» излома в быстрорежущих сталях, которые привели к открытию нового явления – структурной наследственности в стали при нагреве. Авторитет В.Д. Садовского в этой проблеме был настолько высок, что в 1956 г. при издании капитального справочника «Металловедение и термическая обработка» главу 18 «Изломы стали» поручили написать В.Д. Садовскому и К.А. Малышеву. При переиздании справочника (1961 г.) вновь глава «Изломы стали» была написана В.Д. Садовским, К.А. Малышевым и Д.К. Бутаковым.

Особый интерес представляют работы В.Д. Садовского по скоростной электротермообработке стали, ставшие логическим продолжением выполняемой в годы войны скоростной закалки снарядов. Много лет спустя В.Д. Садовский вместе с исследователями из Киева, Минска и Москвы был удостоен Государственной премии СССР в области техники за 1986 г.: «За создание научных основ, разработку и промышленное внедрение технологических процессов скоростного термического упрочнения сталей и сплавов».

В феврале 1949 г. в докладе об особенностях перекристаллизации при повторных закалках быстрорежущей стали В.Д. Садовский изложил новую гипотезу о причинах изменения величины зерна стали при нагреве. Он показал, что при

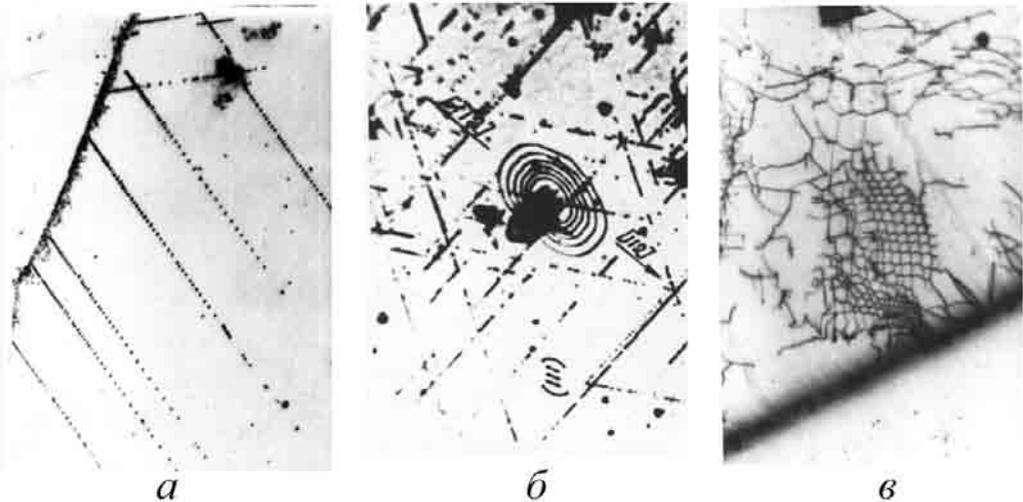
повторных нагревах быстрорежущей стали Р18 наряду с сильным укрупнением зерна аустенита, приводящим к появлению при последующей закалке нафталинистого излома, может наблюдаться и измельчение зерна. Здесь В.Д. Садовский впервые ввел понятие о рекристаллизации аустенита при нагреве из-за фазового наклепа и сопоставил это явление со знаменитой точкой «b» Чернова, споры о которой к тому времени велись уже более полувека. Этот этап исследований завершился в 1954 г. выходом в свет монографии В.Д. Садовского, К.А. Малышева и Б.Г. Сазонова «Фазовые и структурные превращения при нагреве стали». В ней обосновано новое представление о перекристаллизации сталей при нагреве, состоящей из собственно фазового превращения, приводящего к образованию наклепанного и ориентационно связанного с исходной структурой аустенита, и его рекристаллизации, приводящей к измельчению зерна аустенита, снятию фазового наклепа и устранению внутризеренной текстуры. Эта схема перекристаллизации сталей имела большой отклик в литературе.

Важной вехой в научной жизни В.Д. Садовского стала разработка им и его сотрудниками метода высокотемпературной термомеханической обработки сталей и жаропрочных сплавов – ВТМО, стимулировавшего бурное развитие работ в этой области металловедения. Но, приступая к описанию работ, относящихся к изучению ВТМО, хочется напомнить, что история открытия этого явления оказалась настолько запутанной, что даже многие исследователи, занимающиеся термомеханической обработкой, не имеют о ней ясного представления. Это связано с тем, что основной литературой, из которой они черпают сведения о ВТМО, были монографии М.Л. Бернштейна (1968 г.), а также монография М.Л. Бернштейна с соавторами (1983 г.). Так, на одной из конференций в 1999 г., посвященной памяти М.Л. Бернштейна, некоторые докладчики всерьез утверждали, что ВТМО была предложена именно М.Л. Бернштейном, поскольку якобы до 1966 г. работ В.Д. Садовского в этом направлении не было совсем.

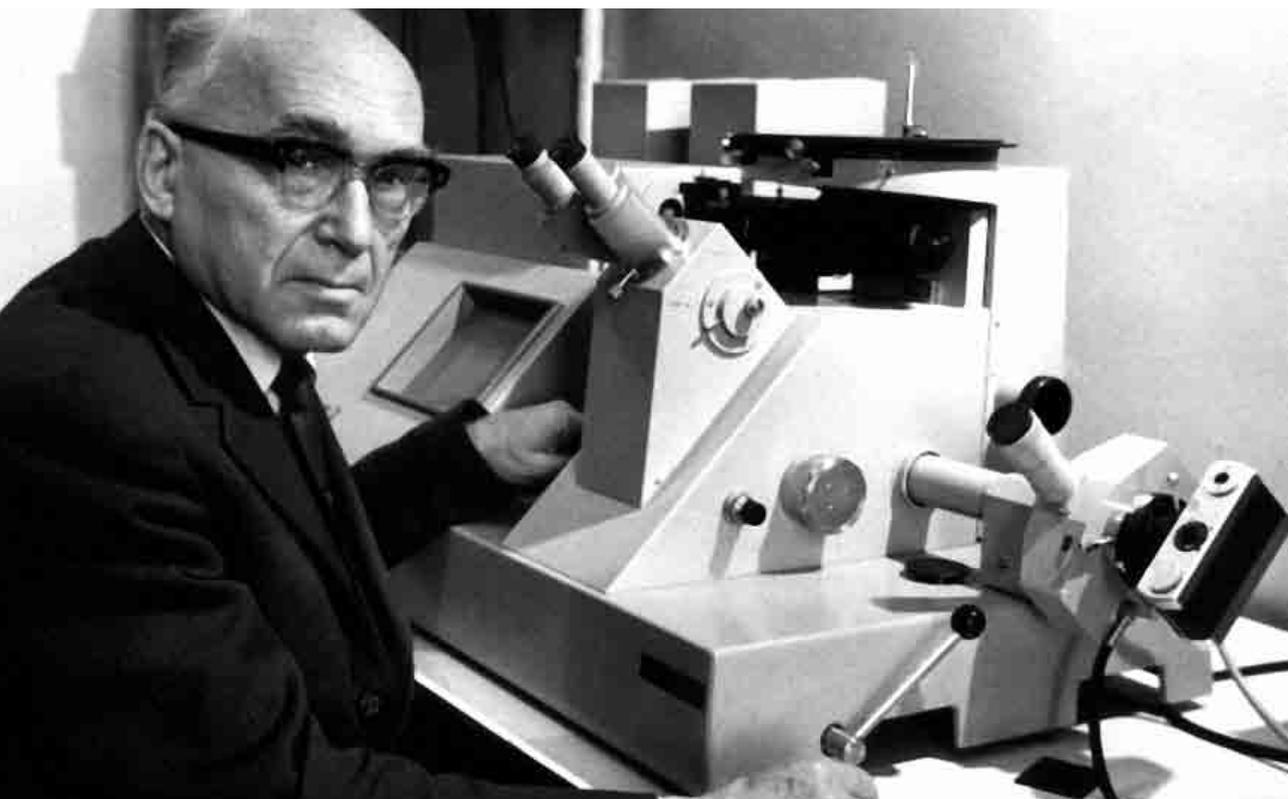
Отметим, что первой работой в этом направлении была статья Л.В. Смирнова, Е.Н. Соколкова, В.Д. Садовского «Влияние пластической деформации в аустенитном состоянии на хрупкость при отпуске конструкционных легированных сталей» (ДАН СССР, 1955. Т. 103, № 4. с. 609–610). В ней говорилось: «В заключение можно отметить, что одновременное подавление обратимой отпускной хрупкости в результате *термомеханической обработки* свидетельствует о том, что механизм возникновения обоих видов хрупкости одинаков». (Термин «ТМО» уже применен, 1955 г.!). Эта статья была представлена академиком Г.В. Курдюмовым; 23 февраля 1955 г. аспиранты Виссариона Дмитриевича, Л.В. Смирнов и Е.Н. Соколков, в 1954 г. представили и защитили кандидатские диссертации, так что статья в «ДАН» являлась конечным итогом исследований двух кандидатских диссертаций. Можно отметить, что глава 4 в диссертации Л.В. Смирнова называлась «Влияние термомеханической обработки на отпускную обратимую хрупкость». В ней, в частности, после описания предварительных опытов по влиянию ТМО на ударную вязкость, говорилось: «Несколько неожиданным явилось появление вязкого вида излома для случая закалки с проката, но при низкой температуре деформирования (900 °С). Подобное влияние термомеханической обработки на отпускную хрупкость *никогда раньше, по-видимому, не замечалось и является каким-то новым эффектом*, заслуживающим более подробного изучения». Далее в диссертации приводятся результаты большого цикла исследований

по изучению этого явления, выполненного совместно с Е.Н. Соколовым, где установлено, что такая обработка аналогичным образом действует и на необратимую отпускную хрупкость. Таким образом, в обеих диссертациях четко сформулированы основные особенности ВТМО. Вскоре были получены экспериментальные данные для большого числа сталей разного класса: конструкционных, аустенитных и жаропрочных и была фактически раскрыта сущность ВТМО – *исключение процессов рекристаллизации аустенита после пластической деформации*. Было установлено влияние скорости деформирования на устойчивость деформированной структуры аустенита. Оказалось, что уменьшая скорость деформирования можно деформировать сплав на большую степень, не опасаясь протекания рекристаллизации. Это открыло широкие пути для использования метода ВТМО в промышленности, так как для крупных деталей трудно добиться быстрого охлаждения.

Вскоре планомерные исследования ВТМО возглавил Евгений Николаевич Соколов. В феврале 1965 г., т. е. задолго до появления монографии М.Л. Бернштейна, Е.Н. Соколов защитил докторскую диссертацию по проблемам ВТМО. Справедливости ради следует заметить, что сам М.Л. Бернштейн прекрасно знал, кто предложил метод ТМО. Так, в своей первой двухтомной монографии, вышедшей в свет в 1968 г., он отмечал первенство В.Д. Садовского в открытии ВТМО. К сожалению, в последующей монографии М.Л. Бернштейна и др. (1983 г.) не нашлось места хотя бы один раз упомянуть фамилию В.Д. Садовского в связи с ВТМО. В.Д. Садовский, конечно, читал эту монографию, и эта ситуация его в какой-то мере задевала. В журнале МиТОМ (1983, № 11) он опубликовал небольшую заметку под названием «Что такое ВТМО?» В ней говорилось: «Тридцать лет назад при исследовании обратимой отпускной хрупкости было высказано предположение, что при горячей деформации аустенита в момент завершения



Дислокационная структура в сплаве ХН77ТЮР после закалки от 1150 °С и старения при 800 °С, х100: а – плоские скопления дислокаций; б – источник Франка-Рида; в – дислокационная стенка



В.Д. Садовский у металлографического микроскопа

рекристаллизации границы зерен могут оказаться чистыми от сегрегаций фосфора, и вследствие этого отпускная хрупкость может быть устранена или ослаблена». Соответствующие эксперименты, проведенные тогда Л.В. Смирновым, дали неожиданный результат: отпускная хрупкость оказалась подавленной в случае закалки деформированного и нерекристаллизованного аустенита и, наоборот, в случае завершения рекристаллизации проявлялась обычная чувствительность стали к развитию отпускной хрупкости. Сразу же после этого Е.Н. Соколовым было показано, что положительный эффект деформации аустенита в горячем состоянии распространяется и на необратимую отпускную хрупкость. Тогда же этот процесс и был назван термомеханической обработкой. Вскоре в работе С.Н. Петровой было показано, что такая термомеханическая обработка приводит к повышению жаропрочности аустенитных сплавов, не претерпевающих при закалке мартенситного превращения.

В 1960-е гг. под руководством В.Д. Садовского продолжались работы по изучению структурной наследственности в сталях при нагреве. Так, в 1960 г. было показано, что крупное зерно в быстрорежущей стали образуется в результате первичной рекристаллизации из малого числа центров, а не из-за собирательной рекристаллизации. Это заключение, несмотря на его кажущуюся очевидность, подвело итог многолетним спорам по этому вопросу. Несколько позднее, в 1962 г., появилась интересная статья, в которой проводилась глубокая анало-

гия между процессами превращения аустенита при охлаждении и формирования аустенита при нагреве. Представленные данные свидетельствовали о различии в механизме образования аустенита в зависимости от скорости нагрева.

Приближалось столетие со дня открытия Д.К. Черновым (1868 г.) своих знаменитых точек. Интерес к открытию Чернова был настолько велик, что мероприятия, посвященные этой дате, проводились не только в России, но и во всем мире. И тут-то выяснилось, что развиваемые В.Д. Садовским идеи, являются прямым и наиболее верным продолжением работ Д.К. Чернова за последние 20 лет. Последовала серия публичных выступлений и публикаций на эту тему. Еще в 1965 г. В.Д. Садовский сделал в Америке доклад на симпозиуме по истории металлургии на тему о влиянии идей Д.К. Чернова на развитие теории термической обработки сталей. Доклад «Фазовая перекристаллизация при нагреве стали», сделанный на Отделении физикохимии и технологии неорганических материалов АН СССР в 1968 г., сыграл важную роль в жизни В.Д. Садовского. 26 ноября 1968 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР по Отделению физикохимии и технологии неорганических материалов по специальности «технология неорганических материалов и металлургия». Через два года, 24 ноября 1970 г. В.Д. Садовский был избран **действительным членом Академии наук СССР** по специальности «металлургия».

Под непосредственным руководством В.Д. Садовского было развернуто синтезирование стальных монокристаллов. Это позволило расширить тематику поставленных задач и не только определять ориентировку восстановленных зерен аустенита, но и находить ориентировку образовавшихся на их месте рекристаллизованных зерен. Применение рентгеноструктурного анализа и совершен-



Академики С.В. Вонсовский и В.Д. Садовский



В.Д. Садовский у входа в Институт физики металлов УНЦ АН СССР, 1978 г.

ствование методов выявления металлографической структуры позволило существенно уточнить представления о структурных превращениях в сталях при нагреве. Они были обобщены в монографии В.Д. Садовского «Структурная наследственность в сталях», изданной в 1973 г. Книга имела большой успех. Президиум АН СССР за эту монографию присудил В.Д. Садовскому Золотую медаль им. Д.К. Чернова. Своевременная и заслуженная награда!

Несколько позднее, в 1983 г., В.Д. Садовский написал статью «Превращения при нагреве стали. Структурная наследственность», которая составила главу 24 во втором томе справочника «Металловедение и термическая обработка стали». Она стала своеобразным итогом его деятельности в этом направлении.

В 1980 г. появилась возможность использовать луч лазера для нагрева образцов. В.Д. Садовский сразу же оценил преимущество такого метода нагрева, и под его руководством были проведены исследования структурных превращений, сопровождающих лазерный нагрев. Вначале было получено авторское свидетельство, закрытое для свободной публикации, на остроумный способ поверхностной закалки стали, позволяющий получить равномерную твердость поверхности, несмотря на многократное облучение лучом лазера. Затем последовала серия статей, опубликованных в журнале ФММ. В.Д. Садовский очень ценил полученные результаты за их наглядность – особенности образования аустенита, растворения карбидов, рекристаллизации от фазового наклепа были представ-

лены в наглядном виде методами как классической металлографии, так и электронной микроскопии. По результатам исследования была написана небольшая книга с богатым иллюстративным материалом, фактически атлас микроструктур стали после лазерного нагрева (1989 г.). Книга получила хорошие отзывы, и в следующем году Бюро президиума ВНТО машиностроителей присудило коллективу авторов монографии «Лазерный нагрев и структура стали» премию им. Д.К. Чернова.

При описании научной деятельности В.Д. Садовского хочется специально отметить такую его замечательную черту творчества, как глубокое понимание физики явления. Оно чувствовалось во всём. Например, в открытии и объяснении эффекта влияния сильного магнитного поля на мартенситные превращения. Проблема воздействия магнитного поля на полиморфные превращения обсуждалась с 1929 г.. Обычно эффекты были малы и не воспроизводимы, но иногда в научной или популярной литературе появлялись сенсационные сообщения о получении высоких свойств в сталях при воздействии магнитного поля. В.Д. Садовский сам неоднократно убеждался в беспочвенности этих заявлений. В своих работах данные о начале превращения и его кинетике в сталях он получал с помощью магнитометра, когда превращение происходило в магнитном поле соленоида, а также дилатометра и структурным методом. Результаты, получаемые этими методами, прекрасно совпадали. Магнитное поле в соленоиде магнитометра по напряженности было сравнимо с теми полями, при которых якобы наблюдали сильные эффекты упрочнения сталей.

В конце 1950-х гг. в Институте физики металлов появились установки, способные создавать импульсные магнитные поля, по напряженности во много раз более сильные, чем поля в соленоидах измерительных приборов. В.Д. Садовский решил исследовать влияние такого поля на кинетику и полноту превращения аустенита. Сильное магнитное поле могло создаваться только на доли секунды, поэтому были выбраны сплавы, в которых при охлаждении реализуется мартенситное превращение с атермической кинетикой. Количество образовавшегося мартенсита в них не зависит от времени изотермической выдержки, а увеличивается при понижении температуры. Скорость роста кристалла мартенсита соизмерима со скоростью звука в металле, поэтому время роста отдельного кристалла составляет менее одной стотысячной доли секунды, что меньше продолжительности импульса магнитного поля.

Вскоре было установлено, что сильное импульсное поле действительно способствует мартенситному превращению: повышает температуру его начала и количество образующегося мартенсита. В 1964 г. М.А. Кривоглаз и В.Д. Садовский предложили простую формулу, связывающую изменение температуры начала фазового превращения с напряженностью магнитного поля, разностью намагниченности двух фаз и теплотой превращения. Эта формула получила название формулы Кривоглаза–Садовского. Ее простая форма подчеркивает термодинамическую природу влияния магнитного поля на мартенситное превращение.

Эта работа оказала большое влияние на развитие исследований по воздействию магнитного поля на фазовые, прежде всего мартенситные, превращения, так как ставила опыты на научную основу. Уже в следующем 1965 г. В.Д. Садовский опубликовал несколько статей, в которых эффект был подтвержден на десятках разных сталей при воздействии как импульсного, так и постоянного магнитно-

го поля. Полученные результаты были настолько новыми и интересными, что они были обобщены в небольшой монографии «Закалка стали в магнитном поле», опубликованной в 1977 г. В.Д. Садовский, пожалуй, впервые в мире наблюдал две стадии роста мартенситного кристалла: практически мгновенное зарождение тонкого мидриба и медленное его обрастание, приводящее к появлению линзовидного кристалла мартенсита.

В начале 1960-х гг. были опубликованы оригинальные работы В.Д. Садовского по выявлению металлографическим методом дислокационной структуры в жаропрочных сплавах. Иллюстрации оказались настолько удачными и выразительными, что вошли в учебники, например в учебник А.П. Гуляева «Металловедение» (1977. С. 31).

Возможность наблюдения дислокационной структуры была использована для анализа деформации жаропрочных сплавов в исследованиях, проводимых в лаборатории физического металловедения.

В 1986 г. вышла в свет монография В.Д. Садовского и Е.А. Фокиной «Остаточный аустенит в закаленной стали». Эта небольшая книга всего в 112 страниц в значительной мере стала подведением итогов научной деятельности В.Д. Садовского за 55 лет. В ней подробно рассмотрено влияние температуры нагрева под закалку на количество остаточного аустенита, которое может быть связано как с полной растворения при нагреве избыточных фаз, прежде всего карбидов, так и с величиной аустенитного зерна, а также влияние остаточного аустенита на механические свойства сталей.

В.Д. Садовский постоянно стремился использовать все возможные экспериментальные методы для изучения структуры сталей и кинетики фазовых превращений. Он внимательно следил за совершенствованием экспериментальной техники и по мере появления новых методик пытался применить их в своей практике. Так в 1930-е гг. для изучения превращений переохлажденного аустенита он применял магнитометрический метод и оптическую микроскопию. После войны он предпринял попытки использовать методы электронной микроскопии на репликах и метод радиоактивных индикаторов. В 1960-е гг. В.Д. Садовский добился приобретения в лабораторию импортного дилатометра, новых рентгеновских аппаратов и всемерно стимулировал в лаборатории желание проводить рентгеноструктурное изучение превращений в сталях, а затем настойчиво заставлял заниматься просвечивающей электронной микроскопией. Он плодотворно использовал результаты фрактографического анализа изломов методами как оптической, так и электронной сканирующей микроскопии с использованием микроанализа выделяющихся фаз, а также результаты Оже-спектроскопии.

Значительную роль в жизни научных работников играют всевозможные конференции, семинары, симпозиумы. В.Д. Садовский активно участвовал в этих мероприятиях. Его доклады вызывали неподдельный интерес и живые дискуссии. Остановимся только на двух типах конференций, в которых роль В.Д. Садовского была весьма заметной. На Всесоюзных конференциях его доклады неизменно вызывали большой интерес, как и на международных конференциях. Можно привести пример его участия в таких, ставших традиционными, «Конференциях по мартенситным превращениям» – ICOMAT – International Conference on Martensitic Transformations. История их возникновения тоже необычна. В 1976 г. Японский институт металлов, проводя в городе Кобе конференцию, решил посвя-

тить ее пятидесятилетию публикации первой работы Г.В. Курдюмова, относящейся к изучению структуры мартенсита. Это был факт огромного политического значения, признания ведущей роли советского ученого в исследовании такого важного для практики явления как закалка стали. На эту конференцию кроме академика Г.В. Курдюмова от нашей страны были приглашены академик В.Д. Садовский и профессор Л.Г. Хандрос, соавтор Г.В. Курдюмова по открытию термоупругого мартенсита, составляющего основу сплавов с памятью формы.

Советские ученые не могли пройти мимо такого вызова и в следующем 1977 г. в Киеве организовали Международную конференцию по мартенситным превращениям, на которую пригласили весь мир цвет металловедческой науки. Действительно, летом в Киев съехались корифеи науки по мартенситным превращениям. Это был едва ли не единственный случай, когда за одним столом сидели: Г.В. Курдюмов и Ж. Нишияма, В.Д. Садовский и М. Коэн, В. Оуэн и Г. Либерман, Л.Г. Хандрос и Л. Дилей, Х. Варлимонт и К. Шимизу, Л.И. Лысак и Г. Томас. Конференция прошла весьма успешно, она стала проводиться постоянно раз в три года. В.Д. Садовский еще несколько раз участвовал в подобных мероприятиях. Так, на конференции в городе Нара (Япония) в 1986 г. он сделал прекрасный доклад о влиянии магнитного поля на мартенситные превращения.

Успехи, достигнутые при выполнении огромного, поражающего своим многообразием, объема исследований, во многом были предопределены тем, что В.Д. Садов-



В.Д. Садовский (справа) на международной конференции ICOMAT-86 в г. Нара (Япония) с японскими учёными К. Отсука (K. Otsuka), Ф. Фуджита (F. Fujita), И. Тамура (I. Tamura)



Сотрудники лаборатории физического металловедения в кабинете В.Д. Садовского. Сидят: В.М. Счастливец и В.Д. Садовский. Стоят: А.В. Макаров, Н.Л. Черненко, О.С. Ринкевич, Н.М. Гербих, А.Ю. Калетин, Г.В. Маханёк



1-й секретарь Свердловского обкома КПСС Б.Н.Ельцин поздравляет академика В.Д. Садовского с присвоением звания Героя Социалистического труда, 1978 г.

ский обладал энциклопедическими знаниями и одинаково хорошо ориентировался во всех затронутых проблемах. Из 420 научных публикаций 82 написаны им единолично. Остальные работы выполнены с соавторами, число которых за шестьдесят лет его научной работы превысило 140 человек, большинство из которых составляют его прямые ученики. Именно они и составляют научную школу академика В.Д. Садовского, которая начала формироваться еще до войны. Научное влияние В.Д. Садовского выходит далеко за пределы Института физики металлов, за пределы Урала. Стало возможным говорить о том, что в рамках Уральской школы металлургов-термистов сформировалась и получила всеобщее признание научная школа В.Д. Садовского. Особо хочется отметить теснейшую связь В.Д. Садовского с заводами Урала. Многие заводские работники, его аспиранты, успешно защитили кандидатские диссертации. Ученики В.Д. Садовского живут и работают в Екате-



Семья Садовских и С.В. Вонсовский



ринбурге, Челябинске, Ижевске, Магнитогорске, Нижнем Тагиле, Орске и других городах России, на Украине, а также в других городах и весях. Все это многочисленное и разностороннее сообщество научных и заводских работников и составляет тот коллектив, который можно назвать научной школой академика В.Д. Садовского.

Среди его учеников полтора десятка докторов и несколько десятков кандидатов наук, есть члены Российской академии наук.

Научные заслуги В.Д. Садовского высоко оценены государством и научной общественностью. Он был удостоен званий Героя Социалистического труда (1978 г.), заслуженного деятеля науки и техники РСФСР (1968 г.), лауреата Государственной премии СССР (1986 г.), Президиумом АН СССР он награжден Золотой медалью им. Д.К. Чернова.

В.Д. Садовский был высоко эрудированным человеком. Он прочитывал и следил не только за десятками научных русских и зарубежных журналов, но и за современными и классическими литературными произведениями, превосходно знал фотографию, снимал любительские фильмы. Десятки лет он был заместителем главного редактора журнала «Физика металлов и металловедение».

В.Д. Садовский был человеком с высокими моральными качествами, выдержавшим испытания и в тяжелые 1930-е гг., и в годы войны, и в годы «борьбы с космополитизмом». Его всегда отличали честность, доброжелательность, умение выслушать собеседника.

В.Д. Садовский был Учителем для сотен студентов и инженеров, прекрасным лектором и превосходным докладчиком. Своим многочисленным ученикам Виссарион Дмитриевич передал частицу своей души, своих знаний. В настоящее время ученики и последователи В.Д. Садовского развивают его идеи, продолжая работы в тех научных направлениях, которые он определил или в которые внес свой творческий вклад.

*В.М. Счастливец*

### Список литературы

1. Садовский В.Д. Структурный метод определения обезуглероженного слоя на быстрорежущей стали // Заводская лаборатория, 1934, № 6, С. 522–526.
2. Садовский В.Д. Структурные превращения при закалке и отпуске легированных конструкционных сталей. Свердловск. 1945. 74 с.
3. Садовский В.Д., Чупракова Н.П. Влияние легирующих элементов на ударную вязкость конструкционных сталей и явление хрупкости при отпуске // Труды института металлофизики и металлургии. Вып.5. Свердловск. 1945. С. 27–31.
4. Садовский В.Д. Превращения переохлажденного аустенита (Атлас диаграмм). Вып. 1. Свердловск-М.: Металлургиздат, 1947. 56 с.
5. Садовский В.Д., Малышев К.А., Бутаков Д.К. Изломы стали // Металловедение и термическая обработка. Т. 1. М.: Металлургиздат, 1961. С. 300–309.
6. Садовский В.Д., Малышев К.А., Сазонов Б.Г. Фазовые и структурные превращения при нагреве стали. Свердловск-М.: Металлургиздат, 1954. 184 с.
7. Смирнов Л.В., Соколов Е.Н., Садовский В.Д. Влияние пластической деформации в аустенитном состоянии на хрупкость при отпуске конструкционных легированных сталей // ДАН СССР, 1955, Т. 103, № 4, С. 609–610.
8. Садовский В.Д. Превращения при нагреве стали // Металловедение и термическая обработка: Справочник. М.: Металлургия, 1983. С. 83–111.
9. Садовский В.Д. Структурная наследственность в стали. М.: Металлургия, 1973. 205 с.
10. Садовский В.Д. Превращения при нагреве стали. Структурная наследственность // Металловедение и термическая обработка. Т. 2. М.: Металлургия, 1983. С. 83–111.
11. Лазерный нагрев и структура стали: Атлас микроструктур / В.Д. Садовский, В.М. Счастливцев, Т.И. Табатчикова, И.Л. Яковлева. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 100 с.
12. Закалка стали в магнитном поле / М.А. Кривоглаз, В.Д. Садовский, Л.В. Смирнов, Е.А. Фокина. М.: Наука, 1977. 120 с.
13. Садовский В.Д., Фокина Е.А. Остаточный аустенит в закаленной стали / Отв. ред. В.М. Счастливцев. М.: Наука, 1986. 112 с.

---

## Софья Николаевна ПЕТРОВА

Нередко случается так, что человек, искренне преданный делу, коллективу, становится неотделим от него, становится его продолжением, так случилось и с Софьей Николаевной Петровой, которая стала неповторимым, незабываемым женским лицом Института физики металлов УрО РАН.

Юная Софья Петрова пришла в институт в 1955 г. сразу после окончания металлургического факультета УПИ. Рассказ о том, как серебряная медалистка из маленького уральского городка Висима поступила на металлофак – отдельная история. Сама Софья Николаевна говорила, что в нынешние времена высшее образование ей вообще получить бы не удалось. Отец ее рано умер, и мама одна воспитывала детей. После окончания школы Софья Петрова подала документы на физико-технический факультет УПИ. Вообще-то она всегда мечтала об университете, но стипендия там была настолько маленькой, что на эти деньги одной в большом городе было не выжить. А на физтехе студенты получали самую большую стипендию. Однако выяснилось, что девушек туда не берут. Секретарь приемной комиссии посоветовал ей поступать на металлургический. Стипендия там была такая же, как на физтехе, и специальность нашлась «девичья» – металловедение и термообработка. Так и стала Софья Петрова металловедом. Позднее доцент В.Ф. Сенкевич привлекла способную студентку к работе в студенческом научном обществе, и с третьего курса Софья Николаевна уже занималась научными исследованиями.

Окончив институт с красным дипломом, Петрова по распределению попала в Институт физики металлов, в лабораторию физического металловедения, которой заведовал доктор наук, будущий академик Виссарион Дмитриевич Садовский. В это время в лаборатории разрабатывались новые интересные аспекты металловедения: структурная наследственность, термомеханическая обработка, природа камневидного излома и др. Петрова поставила перед собой задачу – научить-

---





Софья Николаевна

ся работать у высококлассных специалистов, а для оценки уровня коллектива лаборатории достаточно назвать их фамилии: К.А. Малышев, Г.Н. Богачева, А.И. Стрегулин, Н.П. Чупракова, А.М. Полякова, Е.Н. Соколков, Л.В. Смирнов и др. Руководителем Софьи Петровой стал сам В.Д. Садовский. «Мне просто повезло, что я сразу попала «под крыло» такого мудрого человека, – вспоминала Софья Николаевна. – Он умел ставить перед молодым сотрудником задачу, подробно объяснял, что делать и как. Умел и спросить. Работа под его руководством была просто в удовольствие, в радость, она с энтузиазмом принялась за исследования». И вскоре Виссарион Дмитриевич стал считать Софью Николаевну своей любимой ученицей, всю жизнь между ними сохранялись дружеские отношения. Уже тогда в хрупкой, стройной девочке можно было предугадать сильную личность. Она была не по годам серьезной, но когда она улыбалась, то ее глаза чайного цвета «лучились». И всем было радостно от ее душевной теплоты.

Однако нельзя не отметить, что это было не простым везением. Обладая исключительной работоспособностью и прилежанием, Софья Николаевна вскоре стала самостоятельно проводить исследования. В 1957 г. году появилась первая статья с ее участием, а в следующем году ее работа «Влияние пластической деформации при высоких температурах на длительную прочность стали ЭИ 481», где она была единственным автором, была напечатана в сборнике Трудов ИФМ. В 1962 г. она



Сотрудницы лаборатории физического металловедения.

Слева направо: Г.В. Маханёк, В.М. Умова, С.Н. Петрова, Н.Д. Бахтеева, Н.И. Виноградова



На заседании Ученого совета института, 1982 г.

успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Исследование термомеханической обработки конструкционных и жаропрочных сталей».

Вскоре Софья Николаевна возглавила группу сотрудников в лаборатории физического металловедения, в которой успешно работали над методикой металлографического выявления дислокаций в сплавах типа нимоник, занимались исследованием влияния различных режимов термической и термомеханической обработок на структуру и свойства монокристаллов сложнлегированных жаропрочных литых и порошковых сплавов на никелевой основе. Руководство группой было не формальным. Работая в коллективе единомышленников, она получала большое удовлетворение и, безусловно, если бы Софья Николаевна занималась только наукой, то она наверняка выросла бы в серьезного ученого. Но случилось так, что сразу после успешной защиты кандидатской диссертации директор ИФМ М.Н. Михеев предложил ей должность ученого секретаря и, не дав времени на обдумывание, издал приказ о назначении Софьи Николаевны и.о. ученого секретаря ИФМ. На этой должности она проработала более 40 лет. Небывалый случай в Академии наук!

Сотрудники лаборатории так отметили это событие:

На улице имени Софьи одной,  
В том доме, где правила Софья вторая,  
В том кресле, что третьей освобождено,  
Сидишь ты – четвертая и молодая.

Здесь необходимо сделать некоторые пояснения. К этому времени главное здание института уже стояло на улице имени Софьи Ковалевской; в 1953 г. некоторое время директором Института физики металлов была Софья Сергеевна Носырева; позднее ученым секретарем института была Софья Ивановна Иванов-



С.Н. Петрова, В.М. Счастливец на первомайской демонстрации

образцов), особенно в перестроечный период. Надо отметить, что Софья Николаевна никогда не подписывалась под работой, в которой не принимала участия. Много лет работы группы велись в содружестве с Всесоюзным институтом легких сплавов и НПО «Сатурн».

Начиная с 16 декабря 1964 г. С.Н. Петрова стала постигать тонкости научно-административного руководства. Было сложно, не было опыта, а ведь ученый секретарь должен соблюдать определенное количество законов, а значит, должен их знать, требуется владение нормами ведения делопроизводства и все нужно делать правильно и вовремя. Но несмотря на то что много времени отнимала рутинная работа, она относилась к новой деятельности очень серьезно. Конечно, времени на науку оставалась не так много, однако она всю жизнь продолжала ею заниматься: публиковала статьи, принимала участие в работе научных семинаров, участвовала в конференциях, в том числе Международных – Англия (1968 г.), потом Чехия, Германия, Австрия. За участие в работе «Высокотемпературная термомеханическая обработка», демонстрировавшейся на ВДНХ, она была награждена бронзовой медалью, а в 1989 г. за работу по термомеханической обработке металлов коллективу авторов, в составе которых была и Софья Николаевна, была присуждена Государственная премия. Это была последняя Госпремия СССР. Софья Николаевна вместе с коллегами получала ее в Кремле, где ей уже довелось побывать в апреле 1958 г. в качестве делегата XIII съезда комсомола. В 1991 г. вышла монография «Высокотемпературная термомеханическая обработка и хрупкость сталей и сплавов», написанная в соавторстве с двумя Смирновыми – Михаилом Анатольевичем и Лелем Вениаминовичем. Эта книга сразу же стала библиографической редкостью. Софья Николаевна мечтала еще выпустить атлас структур жаропроч-

ская, на чью должность и назначили Софью Николаевну Петрову через несколько лет. Сотрудники Института тогда еще помнили эти перемещения.

Трудная и ответственная работа в должности ученого секретаря института не мешала ее работе в лаборатории. Она вникала во все нюансы, начиная с планирования эксперимента, его осуществления, получения результатов и их обсуждения, а также написания статей и докладов. Бывало, что высокая должность, занимаемая Софьей Николаевной, помогала нам (в частности при изготовлении



Поздравление В.Д.Садовского.

Слева направо: И.П. Сорокин, Г.В. Маханек, В.М. Умова, С.Н. Петрова, Ю.П. Сурков

ных сплавов после разных видов внешних воздействий: деформационных, термических, термомеханических, в том числе после сильных пластических деформаций. Но, к сожалению, не успела.

Энергичная по натуре, она старалась успеть везде – активно занималась наукой, участвовала в общественной жизни лаборатории и института, принимала непосредственное участие в написании стихотворных поздравлений к праздникам и юбилеям. Всегда с ностальгией вспоминала она 1960–1970-е годы – времена активного развития Института: это и появление знаменитых «Коуровок» (конференций как физиков-теоретиков, так и физиков-экспериментаторов, собиравших именитых, а так же молодых ученых из многих регионов страны и проводимых на базах отдыха в период зимних студенческих каникул), и постановки институтских «опер», этих удивительно талантливых музыкальных выступлений институтской самодеятельности, в которых в художественной форме отражались злободневные темы из жизни института, и еженедельные субботние встречи физиков, затем переросшие в городские собрания физиков и металлургов.

Софья Николаевна всегда была незаменимой, верной помощницей директоров института (работала с М.Н. Михеевым, В.Е. Щербининым и В.В. Устиновым). Она считалась настоящей хозяйкой родного ИФМ, который стал ее вторым домом, а послеобеденные чаепития в ее кабинете с академиками С.В. Вонсовским и В.Д. Садовским, на которых обсуждались самые разные вопросы, причем не только из области науки, вошли в традицию. Рабочий день не нормирован, круг обязанностей ученого секретаря института со штатом более 1400 человек непомерного объема – это составление всевозможных документов, подготовка и проведение заседаний ученых советов, ежегодные отчеты и планы. Об отчетах нужно



Встреча с ветеранами, 31.05.1999.

Слева направо, сидят: Е.С. Некрасова, Т.Г. Прокофьева, В.П. Белоусова;  
стоят: Н.А. Ананьина, Л.А. Вистунова, Л.П. Сажина, Н.Ф. Лямина, С.Н. Петрова, В.П. Спирина,  
Л.И. Воронина

сказать отдельно: они всегда сдавались вовремя, были образцовы и служили примером для подражания, недаром С.Н. Петрову считали лучшим ученым секретарем не только в Уральском отделении, но и во всей Академии наук. За многолетнюю плодотворную научную, научно-организационную и общественную работу в 1987 г. Софья Николаевна Петрова была награждена Почетной грамотой Президиума АН СССР и Президиума ЦК профсоюза работников просвещения, высшей школы и научных учреждений, а в 2002 г. – Почетной грамотой Губернатора Свердловской области. Софья Николаевна имела и правительственные награды: ордена «Знак Почета» (1983 г.) и «За заслуги перед Отечеством» II степени (1999 г.), а также медали: «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1970 г.) и «За трудовую доблесть» (1975 г.).

По утверждению самой Софьи Николаевны одной из приятных обязанностей ученого секретаря – это прием гостей, состоявший не только из банкетов, но и из интересного общения с корифеями науки: академиками М.В. Келдышем, А.П. Александровым, А.М. Прохоровым, Н.Г. Басовым, Л.А. Арцимовичем, В.А. Котельниковым, М.Д. Миллионщиковым и др.

Без участия Софьи Николаевны не проходило ни одно значимое событие в институте: юбилеи, вручение наград, чествование ветеранов ВОВ, праздники. Печальные события – похороны тоже входили в круг обязанностей ученого секретаря.

При внешней строгости Софья Николаевна была чутким, добрым, щедрым и отзывчивым человеком, внимательным и тактичным. Она старалась заботиться о людях,

с которыми общалась и работала, всегда готова была прийти на помощь. Ее мудрые советы очень были нужны как академикам, так и рядовым сотрудникам института и друзьям. Она любила родных и близких, заботилась и помогала сестрам, племянникам. Ее однокомнатная квартира практически не пустовала: в ней жили племянницы, а также племянник пока учились в институте и аспирантуре. После кончины старшего брата она считала своим долгом опекать его семью и детей, поддерживая материально, тем самым помогая им получить высшее образование.

Софью Николаевну уважали и любили. Хочется привести стихи, написанные Алексеем Макаровым, которые сотрудники лаборатории, где она проработала всю жизнь, спели на ее юбилее в 2002 г.

Пускай шампанское течет за Вас рекою,  
Впадая в море из бесчисленных цветов,  
Металловеды шумной дружною гурьбою  
Уж свой рояль достали из кустов.

Мы пропоем для Вас сегодня серенаду,  
Где в каждой строчке лишь признания в любви –  
Ведь в этой песне вечной слов иных не надо,  
Мы любим Вас, мы ценим Вас от всей души!

И в этот вечер вспомним разное былое,  
Прошедших дней незабываемых канву,  
Пускай течет за Вас шампанское рекою,  
Пускай сбываются все сказки наяву!

А путь-дорога, пролегая из Висима,  
В УПИ, к Садовскому Вас привела меж тем,  
И тот профессор Вас увлек неодолимой  
К науке страстью и взял Вас в ИФМ.

А там идеи словно в воздухе носились,  
А там на стане Сокольников и Лель Смирнов  
Катали сталь в две юных аспирантских силы  
И накатали эффект ВТМО.

И, чтоб развить эффект на жаропрочных сплавах,  
И, чтоб придать эффекту женское лицо,  
Садовский Соню подключил не ради славы,  
И был блестящим результат в конце концов.

А как ходили вы в заморские круизы  
Вокруг Европы и до Африки в Алжир,  
И лишь на Кубу Вас к Фиделю не пустили –  
Сергей Игнатьич свинью вдруг подложил.

Но как Суворов Альпы, взяв хребет Кавказский,  
Вы в Приэльбрусье мирно ели шашлыки,  
И снова Крым, чтоб пить вино из бочки квасной,  
И на Урал, чтоб жарить кабачки.

А где с докладами Вы только не бывали –  
Их помнят Вена, Прага и Туманный Альбион,  
Да Вы и сами позабудете едва ли  
Уху на Волге под склянок перезвон.

Про секретарство Ваше разговор особый,  
Ведь в Академии наук с времен Петра  
В секретарях ученых у С.Н. Петровой  
Нет конкурентов, честно говоря.

И Ваша группа самых жаропрочных сплавов  
Снискала в нашем деле славу и успех,  
Кого уж нет, кто в штатах, кто уж в златоглавой,  
Но Вы, как прежде, любите их всех.

Когда Госпремию мы Вашу обмывали,  
Лауреаты, сообразив на четверых,  
Всю молодежь из их дворца повыгоняли –  
Гуляй, наука, героев чти своих!

Пускай шампанское течет за Вас рекою,  
Пускай для Вас сегодня все цветы,  
Металловеды шумной дружною гурьбою  
Уж свой рояль назад несут в кусты.

Пропели мы для Вас сегодня серенаду,  
Где в каждой строчке лишь признания в любви –  
Ведь в юбилейной песне слов иных не надо,  
Мы поздравляем Вас от всей души!

К сожалению, небольшое, казалось бы, недомогание привело Софью Николаевну в больницу летом 2006 г. Все ожидали ее скорого выздоровления и возвращения в институт, но... 17 июля пришла весть о том, что Софья Николаевна скончалась. Похоронили ее на Восточном кладбище. Так уж случилось, что недалеко от ее могилы покоятся профессора К.А. Малышев и Н.Н. Буйнов – сотрудники института, с которыми бок о бок она проработала долгое время.

*Н.И. Виноградова*

### **Список литературы**

1. Смирнов М.А., Петрова С.Н., Смирнов Л.В. *Высокотемпературная термомеханическая обработка и хрупкость сталей и сплавов.* М.: Наука, 1991. 167 с.

---

# Вехи пути: биография Николая Николаевича БУЙНОВА

Есть только миг между прошлым и будущим,  
именно он называется жизнь

*Л. Дербенев*

Николай Николаевич Буйнов сыграл важную роль в создании и развитии Института физики металлов, его тематики, особенно в 1950–1980-е гг. прошлого века, являлся одним из ведущих специалистов в СССР в области физики цветных сплавов, в их разработке, исследовании структурных и фазовых превращений в них, принимал самое активное участие в пропаганде и внедрении новейших физических и структурных методов исследования материалов в Уральском регионе и Советском Союзе.

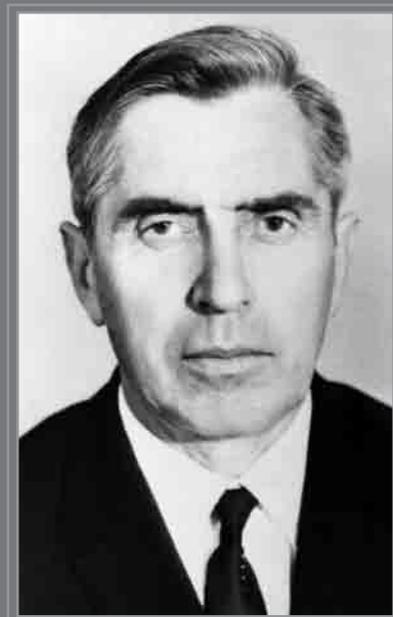
В отзыве, данном в 1965 г. Н.Н. Буйнову для участия в выборах в члены-корреспонденты АН УССР, Сергей Васильевич Вонсовский писал:

Работы Н.Н. Буйнова являются значительным вкладом в теорию фазовых превращений и служат основой для понимания существующих режимов термической обработки сплавов и разработки новых режимов термической и термомеханической обработки и для создания новых сплавов.

Этой фразой академик С.В. Вонсовский очень точно определяет все научное творческое наследие Н.Н. Буйнова. Его значимость для советской и российской науки подчеркнул и директор Института физики металлов академик В.В. Устинов, выступая в 2009 г. на семинаре лаборатории цветных сплавов, посвященном 100-летию со дня рождения Н.Н. Буйнова.

Родился Николай Николаевич Буйнов 22 ноября 1909 г. в уральском городе Шадринске (Курганской области) в семье служащего Сибирского банка Николая Степановича Буйнова и Марии Васильевны Ткачевой. В семье было четверо детей. Николай Николаевич был старшим ребенком в семье, поэтому на него возлагались обязанности помогать младшим сестрам Галине, Нине и брату Борису.

---





Родители: Николай Степанович Буйнов  
и Мария Васильевна Ткачева

Отец – Николай Степанович Буйнов, как и дед, принадлежал к мещанскому сословию. Вот что он пишет в своей автобиографии.

...С 15 лет я работал в течение трех лет в нотариальной конторе, пять лет в общественном банке, а с 1909 г. (в 22 года) начал работать в Сибирском банке... Во время Германской войны работал писарем в полковой канцелярии ввиду отсутствия грамотных людей в полку, в какой службе меня и застала Февральская революция. Во время Октябрьской революции я был в г. Казани на военной службе, откуда по моей просьбе был расквартирован в 139 запасной полк г. Шадринска, а 1 марта 1918 г. был уволен в запас и вернулся на службу в Сибирский банк, так как место прежней службы числилось за мною. С банком происходила то национализация и слияние с Госбанком, переименованным в «Народный банк», то денационализация. За этот период я несколько раз подлежал мобилизации в войска Колчака, но как Доверенный и помощник бухгалтера банка каждый раз получал отсрочку от военной службы.

После взятия войсками Красной армии города Екатеринбурга отделение Банка по приказанию начальника города Шадринска должно было эвакуироваться в Сибирь в полном составе всех сотрудников.

Среди сотрудников началось брожение. Не всем хотелось ехать и покидать свои дома – о чем было заявлено Управляющему Отделением с просьбой выдать какое-либо пособие и оставаться в Шадринске, в числе каковых был и я. Управляющий поехал к начальнику города с просьбой от сотрудников – остаться в городе и оказать им материальную поддержку на первое время – на что получил ответ «сообщите мне фамилии тех сотрудников, и я список передам в контрразведку». После такого ответа, конечно, сотрудники не решились не исполнять распоряжение об эвакуации в Сибирь и 19 июня 1919 г. наш Банк выехал в г. Красноярск, где я поступил на службу в качестве бухгалтера в Первое Сибирское Акционерное Лесопромышленное Общество, на каковой службе меня и застала Красная армия 7 января 1920 г. Произошла национализация Банка, а с мая 1920 г. я как банковский служащий был дезэвакуирован в г. Шадринск, а с 7 мая я поступил бухгалтером в Шадринский Здравотдел, где и служил до поступления в Сельхозбанк (с 1923 г.)...

Годы школьного детства у Коли пришлось на революцию и Гражданскую войну. В 1928 г. Коля окончил школу II ступени. В школьные годы Коля вместе с мальчишками на улице любил играть в футбол, лапту. С 14 лет вместе Коля с отцом стал ходить на охоту. Отец подарил ему немецкое ружье «Зауэр», с которым он потом охотился всю жизнь. Охотились они в основном на уток или тетерева.

вов. Бродя молодым по лесам Зауралья, Коля от всей души полюбил лес, уральскую природу и очень тонко их чувствовал. В те же годы он начал увлекаться рыбалкой.

После окончания школы Коля собрался поступать в вуз. Однако сыну бывшего служащего губернского Сибирского банка путь туда был закрыт. После окончания школы полгода Коля оставался безработным. Чтобы не терять времени даром, он поступил на курсы инструкторов физкультуры, по окончании которых мог работать преподавателем физкультуры. Какое-то время Николай Николаевич работал преподавателем в торговом техникуме. В период с конца 1929 г. и по январь 1931 г. Коля работал чернорабочим на строящейся тогда железной дороге Урал–Курган, потом рабочим птицекомбината, фабрики «Пух и перо». В 1932 г. он стал нормировщиком Уралжелдорстроя. Осенью 1932 г., выбирая между горным институтом и университетом (в глубине души Коля был романтиком: ему хотелось быть либо геологом, либо астрофизиком), он остановил выбор на университете, поступил и наконец стал студентом физического факультета университета, который и закончил в 1937 г.

Жизнь в университетском общежитии была полуголодной, до краев заполненной наукой и спортом. Стипендия была нищенской, а помогать ему материально было некому. Поэтому кроме учебы приходилось подрабатывать, как и прежде, на тяжелой работе. Он таскал мешки на мукомольном заводе, по вечерам разгружал товарные вагоны, благо, это можно было делать в любое время. Николай по-прежнему увлекался спортом, и есть снимки, на которых вся спортивная команда университета позирует перед фотографом. Он возглавил в вузе спортивную работу и стал председателем физкультурного коллектива университета.

Преподаватели, некоторые из них его сверстники, были замечательными людьми. Лекции С.П. Шубина, С.В. Вонсовского, затем А.П. Комара и Г.С. Жданова очень увлекли Колю, и он еще с большим старанием стал заниматься. Николай Николаевич рассказывал, что часто Антон Пантелеймонович Комар, который вел у них предметы по рентгеноструктурному анализу и физике рентгеновских лучей, приходил в студенческую аудиторию и рассказывал не сухие данные об этих науках, а тот научный результат, который он собирается получить, или новую идею из прочитанной им недавно научной статьи.

Поступив в университет вначале на специальность «астрофизика», Николай Николаевич потом занялся исследованиями в области магнетизма и курсовую работу сделал у Р.И. Януса. Но на окончательный выбор молодого специалиста повлияли яркие и очень содержательные лекции А.П. Комара, и в 1937 г. Николай Николаевич поступил на работу в Уральский физико-технический институт, ныне



Н.Н. Буйнов в 1931 году

ИФМ, к профессору А.П. Комару, руководившему тогда лабораторией фазовых превращений. Окончание Н.Н. Буйновым университета в 1937 г. практически совпало с прибытием в Свердловск научного десанта из 40 человек – группы молодых ученых, составивших ядро будущего Института физики металлов.

Академик А.Ф. Иоффе, принимавший активное участие в подготовке постановления, как член технического совета ВСНХ и возглавлявший Ленинградский физико-технический институт (ЛФТИ) издал приказ о выделении из состава ЛФТИ с 1 января 1932 г. с переходом на самостоятельный бюджет сотрудников Уральского физико-технического института (УФТИ), определил ряд основных направлений их научной деятельности: магнитные и электрические явления, фазовые пре-



Студенты 4 курса и преподаватели физического факультета УрГУ 1936 г.  
В 1-м ряду: 3-й слева – С.П. Шубин, 1-й справа – Т.Д. Тарасов, 2-й – Г.С.Жданов;  
во-2-м ряду: 1-й слева – Б.В. Падучев, 2-й – А.В. Соколов, 3-я З.М. Лушникова, 4-й – Н.Н. Буйнов,  
6-й – В.В. Дружинин; 3-й ряд, второй слева А.П. Фролов

вращения в сплавах, пластическая деформация металлов, электронография. Интересно, что все эти направления получили развитие в лаборатории А.П. Комара – лаборатории фазовых превращений. Под таким названием лаборатория (за исключением 1948–1955 гг.) просуществовала с 1932 до 2005 г. В 2005 г. она была укрупнена и стала называться лабораторией цветных сплавов.

Встреча с Антоном Пантелеймоновичем Комаром, постоянное научное общение с этим выдающимся человеком и ученым в значительной степени определили научные интересы Н.Н. Буйнова. Металлофизика и фазовые превращения в цветных сплавах стали делом всей его жизни. А.П. Комар предложил молодому сотруднику заняться изучением процессов атомного упорядочения в сплавах золото-медь рентгенографическим методом. Сейчас для проведения научных исследований промышленность выпускает аппараты разного типа для выполнения рентгеноструктурного анализа. Раньше этого не было. Н.Н. Буйнову пришлось самому сконструировать и изготовить установку для рентгеноструктурного анализа, в том числе саму рентгеновскую трубку. Как потом выяснилось, это был испытательный тест Антона Пантелеймоновича вновь принятому молодому специалисту, который с ним прекрасно справился!

Вскоре появились и экспериментальные результаты. Его первая научная работа, выполненная в лаборатории Комара, была посвящена изучению процессов атомного упорядочения в сплавах благородных металлов на основе Au–Cu рентгенографическим методом и составила ядро его будущей кандидатской диссертации. Потом были и другие работы.

С 1937 по 1946 г. Н.Н. Буйнов работал в лаборатории фазовых превращений Уральского физико-технического института, а затем после его слияния с УФАНОм – в УФАНе. За этот период он совместно с профессором Г.И. Чуфаровым выполнил структурные исследования фаз, возникающих при восстановлении магнетита водородом. Работы с Григорием Ивановичем представляли интерес для развития теории металлургических процессов. Были изучены процессы формирования покрытия металлов и проведен ряд других работ.

Основные работы за этот период все же были посвящены атомному упорядочению в сплавах. Установлена зависимость степени дальнего порядка ( $S$ ) от концентрации в сплавах Au–Cu и Au–Zn входящих в них элементов и создан метод вычисления этой величины. Из всех существующих теорий атомного упорядочения в наилучшем согласии с экспериментом оказалась теория Пайерлса. Исследования, посвященные определению зависимости степени дальнего порядка от концентрации и температуры, были необходимы для установления качественной связи физических свойств сплавов с порядком в расположении атомов. Эти работы дали возможность судить о том, как протекает атомное упорядочение, в том числе в технических сплавах (например в пермаллоях), сходных по структуре со сплавом Au–Cu.

В 1943 г. Николай Николаевич защитил кандидатскую диссертацию на тему «Рентгенографическое исследование степени дальнего порядка в сплавах Au–Cu», результаты которой стали классическими. Отечественные и зарубежные исследователи ссылаются на них и по сей день. Эти работы заложили новое научно-техническое направление, до сих пор развиваемое его учениками и последователями в ИФМ.

В годы войны наряду с проведением фундаментальных научных исследований, Н.Н. Буйнов выполнял практическую работу, крайне необходимую для фронта.



Коллектив лаборатории фазовых превращений в 1945 г. Справа – налево: М.А. Манакова, Н.Н. Буйнов, А.П. Комар, Н.В. Волкенштейн, М.А. Блохин, С.К. Сидоров (стоит)

Он изучал способы упрочнения металлических сплавов и создания на них металлических покрытий. Под руководством А.П. Комара участвовал в разработке методов рентгеноструктурного и фазового анализа, совместно с В.Д. Садовским и К.А. Малышевым – в создании прочной брони для танков и артиллерийских снарядов.

Военные годы были трудными для страны и для семьи Николая Николаевича. От огромной непосильной нагрузки и недоедания у него развилась сильнейшая дистрофия. Только работа его жены Елены Васильевны на военном заводе (в этом здании сейчас находится УНИХИМ), где выдавали сотрудникам продуктовые карточки, помогала выжить семье.

Уже после войны Н.Н. Буйнов принимал участие в атомном проекте вместе с сотрудниками лаборатории, которые впоследствии уехали в закрытые города (Д.М. Тарасов – в Арзамас, С.К. Сидоров – в Верх-Нейвинск). Для атомной промышленности вместе с другими сотрудниками А.П. Комара он создавал фильтры по разделению радиоактивных изотопов. Были разработаны и применялись методы рентгеноспектрального химического анализа состава разных руд.

Из воспоминаний Н.Н. Буйнова.

Лаборатория фазовых превращений под руководством А.П. Комара принимала участие в исследованиях физико-химии металлургических процессов, что было важно для получения высококачественного и недорогого металла. Выполненные в этой области исследования получили высокую оценку металлургов. Много уделялось внимания конструированию научной аппаратуры, особенно рентгеновским камерам и трубкам для рентгеноструктурного анализа. На базе созданной Комаром лаборатории в дальнейшем в Институте физики металлов возникли новые лаборатории: фазовых превращений, низких температур, нейтронографии и рентгеноспектрального анализа, группа автоионной микроскопии.

В 1947 г. по инициативе А.П. Комара под руководством Н.Н. Буйнова создается группа электронной микроскопии, в которой в интересах ИФМ, УФАНа и всего Уральского региона начались микроструктурные исследования. По распоряжению Ивана Павловича Бардина, в те годы председателя президиума УФАНа и вице-президента АН СССР, из Москвы на самолете «Дуглас» в ИФМ был доставлен просвечивающий микроскоп марки ЕМ1-2, изготовленный американской фирмой «Радио корпорейшн» в Кемдоксе, штат Нью-Джерси. Это был один из двух первых электронных микроскопов, присланных из США, – в Советском Союзе началась эра электронномикроскопических исследований. В 1948 г. группа электронной микроскопии становится самостоятельной бюджетной единицей во главе со старшим научным сотрудником Николаем Николаевичем Буйновым, кандидатом физико-математических наук. В группу также вошла кандидат технических наук Рахиль Марковна Леринман и лаборант В.П. Порханов. Немного позже в группу была принята М.Ф. Комарова.

Из отчета руководителя группы электронной микроскопии Н.Н. Буйнова за 1947 г.

Микроскоп смонтирован и запущен, проведена проверка его работы на объектах, применяемых для этой цели – дымах; освоена методика получения дифракционных снимков как в проходящих, так и в отраженных лучах. Проведена градуировка микроскопа в интенсивных электронных лучах с увеличением от 7500 до 25000, освоен метод получения коллоидных пленок, начато электронографическое исследование процессов упорядочения в  $\text{Cu}_3\text{Pd}$ , проводятся попытки исследования биологических объектов, в частности, стафилококка.

Для ознакомления с электронной микроскопией Н.Н. Буйнов съездил на месяц в Москву, после чего в микроскопной комнате для сотрудников ИФМ, Института химии, специалистов в области медицины, биологии, металлургии, горного дела, а также для учителей физики и учеников старших классов были выставлены снимки и демонстрировались возможности тестируемого микроскопа.

Приведем письмо Л.Н. Буйновой непосредственной участнице и свидетеле становления электронной микроскопии Рахиль Марковны Леринман от 6 июня 2006 г. из США.

Дорогая Люда! Постараюсь выполнить Вашу просьбу и написать свои воспоминания о зарождении электронной микроскопии на Урале, а фактически, вообще в нашей стране.

Электронный микроскоп появился на Урале, в УФАНе в 1947 г. Тогда председателем УФАНа по совместительству был президент АН СССР, академик

И.П. Бардин. Когда Академия наук получила американские электронные микроскопы, один из них он направил на Урал, в УФАН. Президиум УФАНа передал его в лабораторию фазовых превращений, которой в то время заведовал доктор наук А.П. Комар. Я помню, рассказывали, что электронный микроскоп доставили на самолете «Дуглас», и его сопровождал Н.В. Волкенштейн. В лаборатории фазовых превращений создали группу электронной микроскопии. Возглавил ее Н.Н. Буйнов. В довольно короткий срок Николай Николаевич запустил микроскоп. При монтаже его Николаю Николаевичу помогал только радиотехник Филимонов. Первые месяцы Николай Николаевич, начав работать на электронном микроскопе, взял в качестве первых объектов исследования дымы металлов: магния, цинка и др. Получал он их распылением в вольтовой дуге, осаждая на медные сеточки. Позднее для демонстрации возможностей электронного микроскопа были изучены туберкулезные палочки Коха человека, животных, птиц. Разрешение изображений, полученных в электронном микроскопе, в десятки и сотни раз выше, чем в обычных металлографических и биологических микроскопах. Первое время к нам, в группу электронной микроскопии, было просто паломничество экскурсантов.

В 1947 г. после окончания аспирантуры в лаборатории металловедения под руководством доктора наук В.Д. Садовского вошла в состав группы Н.Н. Буйнова. Он научил меня работать на электронном микроскопе. Нашей основной задачей было изучение фазовых превращений в металлах и сплавах. Мы исследовали распад пересыщенных твердых растворов в сплавах алюминия, железа, титана и др., влияние пластической деформации на процесс распада. Моя задача была научиться получать оттиски (реплики) с металлов и сплавов небольшой толщины, позволяющие пропускать электронные лучи. С алюминия и его сплавов мы получали оксидные реплики, с других металлов и сплавов – коллодиевые реплики. Для повышения контрастности последние напылялись под углом тяжелыми металлами, в вакуумной установке. Параллельно с получением изображений объектов исследование электронным микроскопом позволяет получить дифракционную картину шлифов на отражение.

Кроме того, Н.Н. Буйнов, будучи специалистом рентгеноструктурного анализа, всегда дополнял исследование рентгеноструктурным анализом. Позднее научились делать тонкие фольги образцов сплавов, так что удалось во многих случаях отказать от косвенных методов их исследования: оттисков (реплик) для их изучения.

В 1956 г. группа электронной микроскопии выделилась в отдельную лабораторию, которой по-прежнему руководил Н.Н. Буйнов. Были получены еще несколько электронных микроскопов – чешский и советские Сумского завода. Если в первое время кроме Н.Н. Буйнова, меня и лаборанта М.Ф. Комаровой в работе еще принимали участие только дипломники Уральского и Киргизского университетов, то в дальнейшем в лабораторию поступили В.Г. Ракин, Т.В. Щеголева, Р.Р. Романова, О.Д. Шашков, С.В. Сударева, А.В. Добромислов и другие. М.Ф. Комарова, поступив в нашу группу после техникума, за сравнительно короткий срок заочно закончила УПИ, а затем по материалам электронно-микроскопических исследований защитила кандидатскую диссертацию. Ей во многом помогало это сделать Николай Николаевич.

Много исследований проводилось совместно с заводами: Верхне-Салдинским металлообрабатывающим, Свердловским заводом прецизионных сплавов, а также с другими лабораториями ИФМ, с УПИ и другими ВУЗами и научно-исследовательскими институтами страны.

...Дорогая Люда! Вот и все, что я вспомнила о начале электронной микроскопии на Урале.

...P.S. Я не написала, но Вы это можете добавить, что Николай Николаевич всегда был в работе. Он был достойным примером для его сотрудников».

Тематика работ Н.Н. Буйнова в те годы была очень разнообразна и постоянно пополнялась. В 1949 г. в группе проводились работы по изучению начальных стадий распада в стареющих сплавах на основе алюминия. Одним из направлений научных исследований, по-прежнему, было изучение атомного упорядочения в магнитных и немагнитных системах – магнито, кунифе, альни, сплавах Cu–Pd, Cu–Au. Совместно с профессором М.В. Якутовичем осуществлялись структурные исследования деформации алюминиевых кристаллов, с профессором В.Д. Садовским изучались структурные особенности стали различных марок после термообработки. Совместно с профессором П.В. Гельдом – дымовые налеты и возгонки сталеплавильных печей, что представляло, с одной стороны, интерес для развития металлургических процессов, с другой – помогало обезопасить труд сталеваров. Эти работы велись совместно с Челябинским, Северским и Актюбинским заводами ферросплавов. Буйнов входил в комиссию по борьбе с силикозом.



Николай Николаевич Буйнов с женой Еленой Васильевной Алфеевой, 1947 г.

Совместно с профессором И.Я. Постовским и сотрудниками Свердловского института туберкулеза впервые проведено важное для страны исследование – электронно-микроскопический анализ морфологии туберкулезных бацилл (палочек Коха) и изучение влияния на них химиотерапевтических препаратов. Отметим, что это далеко не полный перечень проблем, над решением которых трудились сотрудники маленькой группы.

Из статьи С.В. Вонсовского, Н.В. Волкенштейна и Р.Р. Романовой в газете «Наука Урала», посвященной 80-летию Николая Николаевича Буйнова.

Со времени появления первого электронного микроскопа началось развитие электронной микроскопии на Урале. Благодаря таланту ученого и организатора, беззаветно преданного науке, в кратчайшие сроки были освоены и развиты основные электронно-микроскопические методы исследования металлов, сплавов и химических соединений. Как никто другой Николай Николаевич чувствовал и понимал силу нового структурного метода и поэтому по праву стал не только пионером развития электронной микроскопии на Урале, но и первым ученым, начавшим серьезную пропаганду этого метода исследования.

После М.Ф. Комаровой в группу пришел Л.И. Подрезов и начал, как и Мария Федоровна, заниматься алюминиевыми сплавами. Н.Н. Буйнов подключил к работе и студентов-дипломников. Это В.В. Ключин, который стал заместителем директора НИИ в Заречном, А.Ф. Герасимов – впоследствии проректор УрГУ

им. А.М. Горького. Несмотря на неоднократные обращения Н.Н. Буйнова в дирекцию по поводу преобразования группы в лабораторию, только в 1956 г. группа электронной микроскопии была преобразована в лабораторию фазовых превращений. Вскоре в нее пришли новые молодые сотрудники и аспиранты: Т.В. Щеголева, В.Г. Ракин, Р.Р. Захарова (Романова), О.Д. Шашков, С.В. Сударева, А.В. Добромыслов.

В 1950-1970-е гг. параллельно с широким использованием электронной микроскопии в лаборатории применяли и способы рентгенографии, в том числе очень эффективный метод аномального диффузного рассеяния. Наряду с Гинье и Престоном за рубежом, А.М. Елистратовым и Ю.А. Багаряцким в СССР Н.Н. Буйнов стал основоположником использования метода диффузного рассеяния для исследования структуры стареющих сплавов. Этот цикл работ впоследствии вошел в докторскую диссертацию Николая Николаевича «Распад пересыщенных металлических твердых растворов» (1962 г.) и монографию с тем же названием, написанную совместно с Р.Р. Романовой.



Конференция в г. Верхняя Салда (дом отдыха Ламовка). Слева направо: И.Н. Фридляндер, Н.Н. Буйнов, В.И. Елагин, Сучков, 1-й справа – В.И. Добаткин, 1954 г.

В работах того времени было высказано предположение о важной роли вакансий в процессе распада, в том числе после холодной и горячей деформации. При изучении влияния пластической деформации на распад методом декорирования впервые в мире Н.Н. Буйновым и В.Г. Ракиным обнаружены источники Франка и Рида. Впоследствии, используя и этот результат, Н.Н. Буйнов и А.Н. Орлов собирались написать монографию по теоретическому и экспериментальному изучению дислокаций. Сохранился даже план этой монографии. Но из-за отъезда Алексея Николаевича в Ленинград эти планы не осуществились. В лаборатории появились новые сотрудники: Н.Н. Сюткин, В.А. Возилкин, Н.Н. Вяткин, Т.Л. Треногина, Г.В. Павлова, Р.А. Караханян, В.В. Глебов, немного позже Л.И. Кайгородова, А.Н. Уксусников, В.Г. Пушин, В.В. Бычков, О.А. Елкина, В.А. Ивченко, В.Л. Кривошейкина, В.Д. Суханов, Е.Г. Федорова, А.Н. Барановский, Ю.М. Устюгов.

В лаборатории шла кипучая работа. Изучались структурные и фазовые превращения при распаде в сплавах алюминия, меди, никеля, титана. Исследовалось влияние пластической деформации на кинетику и механизмы старения. При этом уделялось большое внимание рассмотрению начальных стадий распада пересыщенных металлических твердых растворов, поскольку представление о них дает ключ к пониманию природы упрочения сплавов старением и разработке принципов легирования. Начинаются эксперименты на сверхпроводящих материалах. О важности проводимых исследований Н.Н. Буйнову неоднократно писал Иван Филиппович Колобнев, виднейший ученый, практик, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники СССР, непосредственно занимавшийся внедрением научных разработок в практику заводов, выпускавших алюминиевые изделия, в основном оборонного назначения.

Традиционно, как и его учитель А.П. Комар, Н.Н. Буйнов наряду с классическими фундаментальными исследованиями как руководитель группы, потом как заведующий лабораторией, начиная с 1950 г., с коллективом своих сотрудников проводил широкие прикладные исследования сначала для оборонных предприятий (п/я №3, №769, №621), затем с технологическими институтами, осуществлявшими практическое внедрение сплавов в промышленность. Это ВИЛС (В.И. Добаткин), ВИАМ (И.Н. Фридляндер, В.И. Елагин), Верхнее-Салдинское металлургическое предприятие (И.Ф. Колобнев), Оптико-механический завод (заведующая лабораторией Л.В. Рабинович), а также СвердловЭнерго, Северский металлургический завод и Первоуральский новотрубный завод, ВНИИ Ювелирпром (г. Ленинград), п/я 6762, п/я 175МЦ ССР (золотые и платиновые сплавы), ВНИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара, Уралмаш. В эти годы зародились и окрепли его дружеские отношения с ведущими учеными и специалистами СССР в области цветных сплавов. Остановимся на проблемах, касающихся только алюминиевых сплавов. Теперь, по прошествии многих лет, некоторые области их применения уже не имеют завесы полной секретности. Алюминиевые сплавы остаются основным конструкционным материалом для создания авиационной и ракетной техники, находят применение в атомной промышленности, т.е. в тех областях, где наша страна имеет мировое лидерство в высоких технологиях. В настоящее время объем их применения составляет 70% от общего количества материалов, используемых для гражданских и военных самолетов. Алюминиевые сплавы широко задействованы также при строительстве морских и речных судов, автомобилей, вагонов скоростных поездов. Свойства Российских алюминиевых сплавов

и полуфабрикатов из них не уступают по таким зарубежным материалам и могут успешно и с экономической выгодой применяться в различных конструкциях.

Приведем лишь несколько примеров работ лаборатории Н.Н. Буйнова. Детально изученный в лаборатории сплав АК4-1 до сих пор используется для производства стратегического бомбардировщика ТУ-160. Это был единственный жаропрочный сплав, который мог выдерживать сверхзвуковую скорость стратегического бомбардировщика до 2200 км/ч, когда его обшивка нагревалась до 120–...140 °С. Из этого сплава изготавливаются верх и низ крыла обшивки фюзеляжа и силовой каркас многорежимного бомбардировщика ТУ-160. Начиная еще с 1950-х гг., группа электронной микроскопии под руководством Н.Н. Буйнова по спецзаданию изучала промышленные алюминиевые жаропрочные сплавы марок АК-4, АК4-1 и Д1. В результате исследований было установлено, что старая технология термической обработки, приводящая к браку крупных изделий, может быть заменена на новую, основанную на изотермической или ступенчатой закалке массивных штамповок этих сплавов. Были установлены оптимальные условия изотермической и ступенчатой закалки, при которых свойства сплавов отвечают техническим условиям.



Сотрудники лаборатории фазовых превращений в 1961 г.  
В центре Н.Н. Буйнов, слева направо: А.В. Добромыслов, Р.Р. Романова, Т.В. Щеголева,  
О.Д. Шашков, М.Ф. Комарова, В.Г. Ракин

Начиная с 1960-х гг. в лаборатории также активно исследовались опытно-промышленный сплав АЦМ и его аналоги В-92, В-95 и т.д. В основе этих сплавов была система Al-Zn-Mg, которая в дальнейшем модифицировалась в разные марки за счет легирования разными элементами (медью и др.). Исследования велись с предприятием п/я №796 и ВИЛСом. Введение умеренной деформации между низко- и высокотемпературным старением на 10–20% позволило упрочнить сплав на 10–13%. Тот же эффект достигался сочетанием режимов естественного старения и искусственного, что приводило к более равномерному расположению выделений, уменьшению их разброса по размерам и снижению склонности к перестариванию. Эти сплавы начали использовать для изготовления межконтинентальной ядерной ракеты «Протон», впоследствии они были заменены на сплав типа АМГ (на основе сплава Al-Mg), изучением которого лаборатория также интенсивно занималась. Кроме того, при анализировании этих сплавов было показано, что количество бериллия в них может быть снижено от 0–1% до нескольких сотых долей процента без потери механических свойств. Бериллий улучшает антикоррозионные свойства, однако при содержании порядка 0–1% делает производство и обработку этих сплавов очень вредным для рабочих, сокращение его содержания вело к существенному улучшению экологических условий труда.

В 1970 г. были получены интересные результаты в сотрудничестве с предприятием п/я В-2954 (или оптико-механическим заводом). По заданию завода в лаборатории фазовых превращений под руководством Н.Н. Буйнова был создан новый сплав типа Al-9 с добавками бериллия, титана, циркония и опробована технология его термообработки. Определены оптимальные количества добавок, вызывающих изменения кинетики распада в сплаве и измельчение упорядочивающей фазы при старении, что дало максимальный эффект повышения прочности. Другая совместная работа с этим предприятием, выполняемая также под руководством Н.Н. Буйнова «Электронно-микроскопические исследования структуры спеченных и литых алюминиевых сплавов с высоким содержанием кремния», которая завершилась к 1983 г., позволила выявить причину изменения размеров изделий из этих сплавов и установить условия термической обработки, обеспечивающей их размерную стабильность. Согласно документу из архива УНЦ, подписанному главным конструктором завода М.П. Хориковым, режим термообработки, разработанный совместно сотрудниками п/я В-2954 и лаборатории фазовых превращений, внедрен в производство на предприятии. Это обеспечило серийный выпуск деталей, имеющих высокую стабильность размеров в эксплуатации.

Длительный период лаборатория фазовых превращений сотрудничала с академиком И.Н. Фридляндером – патриархом в области алюминиевых сплавов, руководителем одного из отделов в ВИАМе. Можно уверенно предположить, что в получении двух Государственных премий академика Фридляндера, в том числе за создание сверхлегких сплавов для авиакосмической техники, есть заслуга и Н.Н. Буйнова и его учеников. Они в течение многих лет изучали структуру всех современных алюминиевых промышленных сплавов, готовых изделий разных типов, после различных термообработок и легирования и в каждый момент решение той или иной задачи, стоящей перед промышленностью и предложенной для решения в лаборатории, было главным делом для Н.Н. Буйнова и его сотрудников.

Профессор, доктор наук, заслуженный деятель науки и техники Иван Филиппович Колобнев, много сделавший для внедрения на заводах научных достиже-

ний, в письмах к Н.Н. Буйнову подчеркивал, как важны фундаментальные и прикладные исследования Николая Николаевича для промышленности. И во всех своих книгах цитировал результаты, полученные лабораторией на алюминиевых сплавах. В 60-70-е годы Николай Николаевич становится известным ученым. Возникла и получила признание в стране созданная им школа исследователей-структурщиков. Он и его ученики изучили многие особенности структурных и фазовых превращений в сплавах на основе алюминия, меди, никеля, титана, железа, исследовали влияние пластической деформации на кинетику и механизмы распада сплавов.

Плодотворную научную деятельность Н.Н. Буйнов совмещал с активной педагогической и научно-организаторской работой. В течение ряда лет в 1945–1946 и в 1950–1953 гг. он читал лекции на физико-техническом факультете Уральского политехнического института по рентгеноструктурному анализу, металлоскопению и физическим методам исследования металлов и сплавов. Многие его слушатели стали известными учеными. Среди них А.Н. Барабоскин – впоследствии академик и директор Института электрохимии, Н.Г. Илюшин – электрохимик, профессор, доктор наук, ставший заведующим лабораторией, М.В. Смирнов – профессор, доктор наук, заведующий лабораторией и др.

Николай Николаевич заслуженно пользовался уважением и известностью не только советских ученых, но и многих исследователей за рубежом. Его неоднократно приглашали для работы и участия в международных конференциях: в Японию, во Францию, в частности профессора Гинье и Фридель. Неоднократно, почти каждый год, японцы предлагали ему посылать снимки в свой ярко иллюстрированный рекламный журнал «Мир через электронный микроскоп». Николай Николаевич съездил за рубеж всего один раз, чтобы принять участие в Европейском конгрессе по электронной микроскопии в Праге в 1964 г. Зато в Союзе он принимал самое активное участие во всесоюзных и международных совещаниях, конференциях, семинарах, посвященных фазовым превращениям, рентгеноструктурному анализу, электронной микроскопии, кристаллографии, прочности. В качестве слушателя он участвовал в работе теоретической школы в Коуровке, встречался и обсуждал свои результаты с теоретиками, особенно его интересовали проблемы сверхпроводимости.

Н.Н. Буйнов являлся членом ученого совета ИФМ АН СССР, членом объединенного ученого совета при ИФМ АН СССР. По общественной линии в течение длительного периода он был профоргом, председателем и заместителем председателя МК профсоюза, неоднократно исполнял обязанности заместителя председателя районной избирательной комиссии. Долгое время был председателем спортивной охотничьей секции УФАН.

За 47 лет научно-педагогической деятельности Н.Н. Буйнов отдал много сил подготовке научных кадров. Среди его учеников 15 кандидатов физико-математических и технических наук: Р.Р. Романова, М.Ф. Комарова, В.Г. Ракин, О.Д. Шашков, А.В. Добромислов, Н.Н. Сюткин, Т.В. Щеголева, В.А. Возилкин, С.В. Сударева, Р.А. Караханян, Г.В. Павлова, В.В. Глебов, А.Н. Уксусников, В.Г. Пушкин, Л.И. Кайгородова. Пятеро из них стали докторами наук: О.Д. Шашков, Р.Р. Романова, А.В. Добромислов, Н.Н. Сюткин, В.Г. Пушкин. Николай Николаевич стал членом комиссий по электронной микроскопии и рентгенографии при АН СССР. Он был бессменным членом редколлегии журнала «Физика металлов и металлоскопение» на-



Коллектив лаборатории фазовых превращений, 1979 г.

Слева направо: 1 ряд О.Д. Шашков, Р.Р. Романова, Н.Н. Буйнов, Н.Н. Сюткин, С.В. Сударева, 2-ой ряд: Т.П. Смертина, Е.Г. Федорова, Т.В. Щеголева, В.А. Возилкин, А.В. Добромыслов, Р.М. Леринман, Т.Л. Треногина, М.Ф. Комарова, 3-й ряд: В.Г. Пушин, А.Н. Уксуников, А.Н. Барановский, В.Д. Суханов, в 4-й ряд: И. Ткаченко, Н.Н. Вяткин, А.Б. Телегин, В.А. Ивченко, Ю.М. Устюгов, Л.И. Кайгородова, О.А. Елкина

чина с 1969 г. и до конца жизни. В 1970-е гг., став крупным ученым в области фазовых превращений, Н.Н. Буйнов организовал и возглавил Всесоюзную школу-совещание по актуальным вопросам процессов старения и упорядочения в сплавах. В ходе совещаний шло обсуждение животрепещущих вопросов старения и упорядочения сплавов, проходили творческие встречи ученых – представителей разных школ из Москвы, Ленинграда, Киева, Донецка, Томска, Челябинска, Уфы, Горького и других городов. Было и обязательное катание на лыжах, банкеты с танцами, тостами, веселыми выступлениями.

В конце 1964 года Н.Н. Буйнову предложили переехать в г. Донецк, в котором Академия наук Украины организовывала новый научный центр, с предоставлением электронного микроскопа новейшей модификации и предложением баллотироваться в члены-корреспонденты АН УССР. Ему предложили переехать в Донецк вместе с учениками, всем было гарантировано жилье и работа. Николай Николаевич в Донецк съездил. Глава будущего научного центра академик А.А. Галкин и первый секретарь Донецкого обкома партии В.И. Дегтяревич показали ему город, четырехкомнатную полнметражную квартиру в центре.

Н.Н. Буйнову и город, и квартира понравились. Он уже практически думал согласиться, готовил все документы, получил прекрасные характеристики и отзывы. Однако ни директор ИФМ М.Н. Михеев, ни заместитель директора С.В. Вонсовский не готовы были отпустить Николая Николаевича «на сторону». Они написали письмо президенту АН СССР Мстиславу Всеволодовичу Келдышу.

Один из пионеров по применению электронной микроскопии в физике твердого тела в Советском Союзе, наш сотрудник, доктор физико-математических наук, профессор Н.Н. Буйнов имеет ряд приглашений в институты, располагающие японскими микроскопами, и, видя бесперспективность наших экспериментальных возможностей, собирается уйти из института. Мы не видим возможности удержать его от этого шага, ибо он вызван полной бесперспективностью в возможностях проведения структурных исследований на самом высоком уровне, которого нельзя достичь на устаревших моделях электронных микроскопов, которыми располагает наш институт. Как уход из института Н.Н. Буйнова, так и само отсутствие необходимой экспериментальной базы неблагоприятно сказывается на всем уровне структурных исследований в институте, которые нам крайне необходимы, особенно сейчас, в связи с разворачиванием работ по экстрюзии, сверхпроводящим и магнитным материалам.

В результате в 1965 г., почти 20 лет спустя после появления на Урале первого электронного микроскопа, был приобретен новый прибор высшего класса JEM 150 фирмы JEOL Ltd (Япония). Глубоко привязанный к лаборатории, институту, городу, Николай Николаевич позвонил в Донецк и сообщил о своем отказе переезжать и участвовать в выборах. К тому же Сергей Васильевич пообещал, что на ближайших выборах в Академии наук Н.Н. Буйнов обязательно будет выдвинут в члены-корреспонденты АН СССР. Одновременно М.Н. Михеев предложил Н.Н. Буйнову должность заместителя директора по науке, от чего тот категорически отказался, поскольку главным делом его жизни всегда была наука.

Сергей Васильевич свое обещание выполнил – среди четырех кандидатур была и фамилия Н.Н. Буйнова. Но в члены-корреспонденты выбрали Я.С. Шура. Немногом раньше выборов в АН СССР, Адриан Анатольевич Смирнов, будучи тогда уже вице-президентом АН Украины, предложил Н.Н. Буйнову баллотироваться в члены-корреспонденты АН УССР уже с проживанием в Киеве, конечно, с хорошим жильем и работой в лаборатории с современным японским микроскопом. Однако для сотрудников и учеников Н.Н. Буйнова ничего не было гарантировано. И в ущерб себе Николай Николаевич снова отказался. В 60 лет начинался возрастной ценз, старше которого в те времена баллотироваться в члены-корреспонденты было нельзя. Больше Николай Николаевич своей карьерой не занимался.

Микроскоп, полученный в 1965 г., открыл новые перспективы для Николая Николаевича на Урале. Действительно, с помощью него были получены интересные научные результаты, что позволило Н.Н. Буйнову вырастить достойных учеников. В круг их общих научных интересов по-прежнему входили изучение структурных и фазовых превращений в металлических сплавах, связи механических, магнитных и сверхпроводящих свойств со структурой, роли термической и термомеханической обработок стареющих сплавов, предпереходных состояний и их связи с мартенситными превращениями. Николай Николаевич предложил и вместе

с учениками развил новую очень важную концепцию двухступенчатой обработки, а также новый способ упрочнения сплавов за счет совмещения двух фазовых превращений: распада пересыщенного твердого раствора и атомного упорядочения. в начале 1980-х гг. он предложил метод термообработки, сочетающий малую деформацию в режиме ползучести с последующим двухступенчатым старением. Применение этого метода приводило к улучшению жаропрочных свойств никелевых сплавов.

Николай Николаевич делал все для обновления парка микроскопов, чтобы исследования велись на мировом уровне. Передав электронные микроскопы устаревших модификаций, он следил за их грамотным использованием и помогал новым владельцам в их освоении. Например, самый первый микроскоп, «от Бардина», еще в 1960-е гг. получил заведующий кафедрой общей физики физфака УрГУ доктор физ.-мат. наук, профессор Леонид Яковлевич Кобелев. Какое-то время микроскоп использовался для научных целей, а затем для обучения студентов. Впервые в Советском Союзе на практических занятиях студентам доверили «крутить ручки» самостоятельно. Такая же судьба и у «японца», который начиная с 1980-х гг. применялся для практических занятий со студентами доктором физ.-мат. наук В.Г. Пушиным.

Николай Николаевич многие годы мечтал об открытии электронно-микроскопического центра коллективного пользования, о том, чтобы в институте был свой так называемый «миллионник» – микроскоп с увеличением в миллион раз. В 1973 г. С.В. Вонсовский даже отправил Н.Н. Буйнова «добывать высоковольтный микроскоп», а также знакомиться с таким прибором в Институт металлургии им. Байкова. К сожалению, этот проект не состоялся. Лишь в 1985 г., уже после смерти Николая Николаевича, Институт физики металлов получил новый микроскоп JEM-200CX. Вместе с другими приборами он был включен в состав центра коллективного пользования научного оборудования УрО РАН «Электронная микроскопия», созданного на базе ИФМ учеником Буйнова Владимиром Григорьевичем Пушиным. Этот центр эффективно работает до сих пор. Уже в нашем веке в центре появились новые современные аналитические просвечивающие и сканирующие микроскопы фирмы FEI Company (бывшей Philips) и новые уникальные возможности для структурных исследований и пробоподготовки образцов самых разных материалов.

Николай Николаевич – автор монографии, справочников по алюминиевым сплавам (в соавторстве с И.Н. Фридляндером), более 150 статей, ряда обзоров и авторских свидетельств на изобретения. За многолетний добросовестный труд Н.Н. Буйнов был награжден Орденом «Знак Почета» (1954 г.), медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (1946 г.), «30 лет Победы» (1975 г.), «За доблестный труд» к 100-летию со дня рождения В.И. Ленина (1970 г.), «Ветеран труда», почетными грамотами и другими знаками отличия.

Значение работ, проводимых Николаем Николаевичем, видно из того, что они широко цитируются в литературе, вошли в ряд монографий (Я.С. Уманский и др. «Физическое металловедение», М.А. Кривоглаз и А.А. Смирнов «Теория упорядочивающихся сплавов», Б.Г. Лившиц и В.С. Львов «Высококоэрцитивные сплавы», И.Ф. Колбнев «Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов», И.Н. Фридляндер «Алюминиевые деформируемые сплавы»). Где-то с 1974 г. и до конца жизни Н.Н. Буйнов плотно занимался новой монографией. К сожалению

нию, закончить и опубликовать ее Николай Николаевич не успел. А собранные им материалы лежат в архиве УНЦ.

Отметим, что Николай Николаевич был человеком разносторонних знаний. Он часто говорил, что если бы он не увлекался физикой, то непременно стал бы историком. Его интересовала история древних цивилизаций и государств, археология, географические открытия, путешествия. Им была собрана и систематизирована, наряду с большой научной библиотекой, которую он начал собирать со студенческих лет, и обширная художественная библиотека, в том числе собрания сочинений российских и зарубежных классиков. Его всегда интересовали живопись, театр, спорт, музыка, хорошие кинофильмы. Он сам был прекрасным лыжником и биатлонистом, охотником и рыбаком. Он был замечательным рассказчиком, о чем бы он ни говорил: о мировой цивилизации, охоте на тетеревов или волков – это всегда было занимательно и интересно.

В вопросах науки Николай Николаевич был принципиальным человеком, а в жизни он был добрым, скромным, отзывчивым, достаточно простым. Об этом свидетельствовали его многочисленные переписки с учеными всей страны, как знаменитыми, так и совсем молодыми. Он был оппонентом многих кандидатских и докторских диссертаций теперь уже известных ученых, в том числе академиков. Необычайно много (целые стопы) осталось оттисков работ, присланных ему от многих ученых, академиков, докторов и кандидатов наук со всей страны с самыми добрыми пожеланиями. А он с удовольствием помогал ученым, коллегам и, конечно, родственникам в научных и житейских проблемах. Он обладал прекрасным чувством юмора, был большим патриотом своей родины. У него было много друзей. Это прежде всего его учитель А.П. Комар, а также Ю.Д. Багаряцкий, Н.В. Волкенштейн, А.М. Елистратов, А.К. Кикоин, К.А. Малышев, В.Г. Плюснин, В.Е. Рудницкий, А.А. Смирнов, А.В. Соколов, С.К. Сидоров, Ю.А. Скаков, Ю.Д. Тяпкин, К.В. Чуистов и многие другие. С некоторыми из них Н.Н. Буйнов вместе с семьей отдыхал летом на уральских реках и озерах, а также в Коктебеле. Большинство наших ученых, особенно структурщиков, тепло его поздравляли с юбилеями, 60- и 70-летием.

Осенью 2012 г. Исполняется 28 лет, как не стало Николая Николаевича. Активно продолжается его учениками и последователями работа, начатая еще в 1930-е гг. и посвященная разработке и исследованию новых высокопрочных алюминиевых, титановых, никелевых, атомноупорядочивающихся, сверхпроводящих, немагнитных сталей и магнитных сплавов, сплавов с эффектом памяти формы. Это проявляется в виде новых договоров с предприятиями, грантов, проектов, фундаментальных исследований и новых диссертаций учеников уже его учеников, по-прежнему неразрывно связанных с промышленностью. Его ученики – доктора физико-математических наук Аркадий Васильевич Добромислов, Владимир Григорьевич Пушин, Роза Рамзесовна Романова, Николай Николаевич Сюткин, Олег Дмитриевич Шашков и кандидаты физико-математических наук Лариса Израилевна Кайгородова, Светлана Васильевна Сударева, Алексей Николаевич Уксусников и многие другие стали авторитетными учеными, у которых появились свои ученики, кандидаты и даже доктора наук.

*В.Г. Пушин, Л.Н. Буйнова*

### Список литературы

1. Буйнов Н., Журавлева М., Комар А., Чуфаров Г. Ориентация кристаллов железа на магнетите при восстановлении магнетита водородом // ДАН СССР, 1939, Т. 22, № 1, С. 27–28.
2. Буйнов Н.Н., Комар А.П. Исследование степени упорядоченности атомов в сплаве  $AuCu_3$  // ЖЭТФ, 1939, Т. 9, № 9. С. 1135–1141.
3. Буйнов Н.Н., Захарова Р.Р. Распад металлических пересыщенных твердых растворов. М.: Metallургия, 1964. 143 с.
4. Буйнов Н.Н. Старение алюминиевых сплавов // Некоторые вопросы магнетизма и прочности твердых тел. Свердловск. 1968. № 27. С. 312–332.
5. Буйнов Н.Н., Романова Р.Р. Термическая и механо-термическая обработка стареющих сплавов // Структура и механические свойства металлов и сплавов. Свердловск. 1975. № 30. С. 77–89.
6. Буйнов Н.Н. Влияние напряжений, возникающих при распаде, на структуру и свойства сплавов // Структура и прочность металлов и сплавов. Свердловск. 1976. № 32. С. 50–57.



---

## Борис Иванович БЕРЕСНЕВ

Борис Иванович Береснев родился 26 марта 1928 г. в городе Кургане. В 1952 г. он окончил Московский институт химического машиностроения и был направлен на работу в конструкторский отдел Института физики металлов. В эти годы в США, Великобритании, Советском Союзе, Японии, Швеции и ряде других стран активно развивались исследования и разработки по физике и технике высоких давлений. Лидером в этой области знаний был обладатель Нобелевской премии по физике за 1946 г. американский физик Перси Бриджмен. Работы, выполненные П. Бриджменом по изучению влияния высоких давлений на полиморфные превращения в твёрдых телах, изменения их электрических и механических свойств, а также по созданию аппаратуры высокого давления вызвали большой интерес во многих странах мира. Первый большой успех по практическому применению высоких давлений состоял в синтезе новых веществ: алмаза и боразона. Синтез искусственных алмазов при высоких давлениях и температурах был осуществлён фирмами «Дженерал электрик» (США) и ASEA (Швеция), эти работы имели большие экономические последствия, так как позволили создать алмазные шлифовальные круги, высокопрочные коронки для бурения и ряд других изделий.

В Советском Союзе под руководством академика Леонида Фёдоровича Верещагина, основателя Института физики высоких давлений АН СССР, проводились разработки по созданию аппаратуры высокого давления, изучению фазовых превращений под давлением, синтезу новых материалов и исследованиям электрических, магнитных и механических свойств твёрдых тел.

В Институте физики металлов в лаборатории высоких давлений под руководством доктора физико-математических наук Кузьмы Петровича Родионова\* проводились исследования техники и физики высоких давлений. Важной задачей лаборатории была разработка аппаратуры высокого давления. Эту задачу очень успешно выполнял инженер-конструктор Б.И. Бе-

---

реснев. Академик Сергей Васильевич Вонсовский, будучи теоретиком, интересовался прогрессом в области экспериментальной физики и в частности физики высоких давлений. Он тесно сотрудничал с Л.Ф. Верещагиным и поддерживал контакты сотрудников лаборатории высоких давлений ИФМ с Институтом физики высоких давлений. В один из визитов Л.Ф. Верещагина в Институт физики металлов он пригласил молодого и способного конструктора Б.И. Береснева к себе в аспирантуру. В 1953 г. Б.И. Береснев поступил в аспирантуру к Л.Ф. Верещагину. После учёбы в аспирантуре в 1953–1957 гг. Б.И. Береснев работал в Институте физики высоких давлений и в 1960 г. защитил кандидатскую диссертацию.

В 1952 г. в США и Великобритании была издана книга П. Бриджмена «Исследования больших пластических деформаций и разрыва», а в Советском Союзе на русский язык переведена в 1955 г. В монографии П. Бриджмена рассмотрены результаты исследований влияния высокого давления на прочность и пластичность ряда конструкционных сталей и других сплавов, а также приведены новые способы испытаний и обработки материалов под высоким давлением. П. Бриджмен впервые установил, что пластичность обычных сталей сильно возрастает, если исследуемые образцы растягиваются в жидкости, находящейся под давлением 2500–3000 МПа. Эксперименты по растяжению образцов под давлением проводились в специальной установке. В этой установке давление жидкости при растяжении образца фиксировалось с помощью манганинового манометра, нагрузка при удлинении образца измерялась и фиксировалась с помощью специального датчика (комприсиметра), а деформация образца измерялась величиной перемещения поршня установки, показываемой чувствительным стрелочным индикатором. Величину деформации можно было регистрировать с точностью до 2,5 микрона.

В первых опытах по растяжению стальных образцов с содержанием углерода 0,45% было показано, что под действием высокого давления жидкости пластичность стали сильно возрастает. Так, эта сталь при атмосферном давлении разрушается с удлинением в 2 раза, а под внешним давлением 2500 МПа допускает удлинение в 300 раз. Степень удлинения образца зависит от марки стали, содержания углерода и её первоначальной твёрдости. В последующих опытах П. Бриджмен за меру деформации принял величину  $\epsilon = \ln f_0/f_1$ , натуральный логарифм отношения начальной площади поперечного сечения образца  $f_0$  к площади, образующейся во время растяжения  $f_1$ . Эту величину он назвал «истинной деформацией». Экспериментально было показано, что величина «истинной деформации» почти линейно зависит от значения внешнего давления жидкости, окружающей образец во время испытаний. Наклон линии в координатах  $\epsilon - p$  зависит от марки стали, содержания углерода и тем меньше, чем выше твёрдость исследуемой стали.

При растяжении образца повышается прочность материала, возрастающая с ростом деформации. Экспериментально было показано, что напряжение, действующее вдоль оси образца, пропорционально величине «истинной деформации». **Бриджмен считал, что эта зависимость справедлива вплоть до точки разрыва и распространил данные, полученные им при растяжении стального образца при давлении 2700 МПа, на давление 10000 МПа. При таком моделировании влияния внешнего давления на прочность стали её величина составила 8260 МПа.** Однако, принимая во внимание, что напряжение разрыва растёт пропорционально «истинной деформации», необходимо так растянуть образец, чтобы его начальный диаметр 25 мм уменьшился до диаметра ~ 13 ми-

крон. Этот эксперимент не был выполнен, но приведённый расчёт показал, что можно сильно увеличить прочность стали, если выполнять растяжение образца при очень высоких давлениях.

Эксперименты, выполненные Бриджменом при более низких величинах гидростатических давлений жидкости показали, что эффект влияния давления на прочность и пластичность сталей и других материалов весьма значителен. Например, одна из броневых сталей при атмосферном давлении разрушилась с относительным сужением 27% и имела предел прочности 1300 МПа, а при гидростатическом давлении 2800 МПа разрыв образца осуществился с относительным сужением 70% при пределе прочности 3400 МПа. Опытами было показано, что серый чугун в условиях высокого внешнего давления становится пластичным. Ряд других типично хрупких материалов, таких как бериллий, фосфористая бронза, трубочный камень (катлинит), глинозём и каменная соль при испытаниях образцов из этих материалов на растяжение при высоких давлениях обнаруживали заметную пластичность. **Установленные Бриджменом эффекты повышения пластичности и прочности материалов в условиях растяжения при высоких гидростатических давлениях и предложенная им модель о линейной зависимости прочности и пластичности от внешнего давления вызвали большой интерес у исследователей в разных странах.**

В СССР под руководством академика Л.Ф. Верещагина были выполнены эксперименты по растяжению разных металлов под высоким давлением. В серии экспериментов подробно изучалось действие давления на пластичность этих материалов в зависимости от их кристаллического строения и структурного состояния. Исследования выполнялись группой в составе доктора физико-математических наук Ю.Н. Рябинина, кандидата физико-математических наук Л.Д. Лифшица, Л.Ф. Балашова и Б.И. Береснева. Анализ экспериментов Бриджмена по растяжению образцов при высоких гидростатических давлениях показал, что в процессе опыта давление жидкости не было постоянным. Кроме того, применялись нестандартные (укороченные) разрывные образцы, на которых заранее выполнялась проточка для образования шейки. Под руководством Ю.Н. Рябинина разработана установка для испытаний на растяжение и сжатие образцов под давлением до 3000 МПа. Растяжение стандартных образцов в этой установке производилось при постоянном давлении.

В серии экспериментов по растяжению образцов из латуни и стали с содержанием углерода 0.45% было найдено, что кривые предельной пластичности в координатах  $\epsilon - p$ , при давлениях 1200 – 1500 МПа изгибаются в сторону оси давления. Затем, вначале для хрупких металлов, потом для многих других металлов и сплавов было установлено, что кривые предельной пластичности имеют отклонение от линейности и в нижней части. Интенсивное возрастание пластичности начинается поэтому не сразу, а лишь выше определённого давления, которое было названо «пороговым». Дальнейшее развитие этих работ позволило обнаружить существование «обобщенной зависимости предельной пластичности» в виде кривой, объединяющей в себе элементы трёх ранее описанных зависимостей и являющейся наиболее общей. Подобные результаты по влиянию высокого давления на пластичность металлов и сплавов при растяжении образцов, были получены позднее английскими учёными Х. Пью и М. Брандесом. **Таким образом, предположение П. Бриджмена о линейной зависимости прочности и**

пластичности от внешнего давления и возможности очень сильного возрастания пластичности и прочности сталей при давлениях 8000 – 1000 МПа не подтвердилось. В то же время возрастание пластичности металлических образцов при их растяжении при гидростатических давлениях до 3000 МПа оказалось весьма значительным.

Под руководством академика Л.Ф. Верещагина Б.И. Бересневым выполнены серии экспериментов по растяжению образцов под высоким давлением и на основании анализа экспериментальных данных для количественной оценки влияния давления на увеличение пластичности была предложена формула

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + k (P - P_n), \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0$  – пластичность образца при растяжении без давления жидкости при  $P=1$  атм.;  $P_n$  – величина «порогового» давления в МПа;  $k$  – коэффициент, отражающий величину воздействия давления на пластичность образцов, при растяжении. Коэффициент  $k$  определяется из экспериментальных кривых.

Исследовалось влияние давления жидкости при растяжении образцов для материалов с разным типом кристаллической решётки. Было установлено, что для металлов с ГЦК-решёткой коэффициент влияния на пластичность  $k=(0.29-0.46)10^{-2}$ , для металлов с ОЦК решёткой  $k=(0.16-0.33)10^{-2}$ , а для металлов с ГПУ-решёткой  $k=(0.09-0.25)10^{-2}$ . Хотя диапазоны колебаний коэффициента  $k$  перекрываются для материалов с разным кристаллическим строением, приведённые данные показывают, что  $k$  действию давления в большей мере чувствительны металлы и сплавы с кристаллическими решётками ГЦК, а в меньшей мере с ГПУ.

Было установлено, что легирование снижает величину коэффициента  $k$ : для чистой меди  $k=0.46 \cdot 10^{-2}$ , а для её сплава с увеличением легирования латуни Л62 значение  $k=0.29 \cdot 10^{-2}$ . Аналогичная картина наблюдается для железа и его сплавов, а также для алюминиевых и титановых сплавов.

Упрочняющая термическая обработка также приводит к меньшей чувствительности металлов к увеличению пластичности: эффективность действия давления для закалённого сплава Д16 в 5.25 раз меньше, чем для его отожжённого состояния.

Б.И. Береснев позднее показал, что для ряда металлов и сплавов значитель-



Б.И. Береснев

ного повышения пластичности можно достигнуть за счёт воздействия давления и температуры в диапазоне 200 – 250 °С. Приведём некоторые данные о влиянии давления на пластичность при растяжении образцов из различных металлов и сплавов.

Таблица

**Влияние давления на пластичность при растяжении образцов  
из различных металлов и сплавов**

Материалы	Решётка	p, атм	p <sub>1</sub> , МПа	t, °С	ε <sub>0</sub>	ε <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>1</sub> /R <sub>0</sub>
медь М2	ГЦК	1			1.0		2.73		20
			1500			4.0		54.6	
латунь марки Л62	ГЦК	1			0.5		1.65		4.5
			1200			2.0		7.4	
α-железо	ОЦК	1			1.5		4.48		20
			1000			4.5		90	
сталь 45	ОЦК	1			1.0		2.73		20
			1500			4.0		54.6	
титан ВТ1-1	ГПУ	1			1.0		2.3		20
			1500			4.0		54.6	
бериллий	ГПУ	1		20	0.1		1.1		3.5
			1500			1.25		3.5	
бериллий	ГПУ	1		250	0.15		1.16		3.9
			1000			1.5		4.5	

Примечание:

ε<sub>0</sub> = ln F<sub>0</sub>/F<sub>1</sub>; ε<sub>1</sub> = ln F<sub>0</sub>/F<sub>1</sub>; R<sub>0</sub> = F<sub>0</sub>/F<sub>1</sub>; R<sub>1</sub> = F<sub>0</sub>/F<sub>1</sub>; R<sub>1</sub>/R<sub>0</sub> – увеличение пластичности

На основании этих данных видно, что совместное воздействие давления и температуры обеспечивает значительное повышение пластичности бериллия.

Эффект повышения пластичности металлов и сплавов при растяжении образцов под гидростатическим давлением наблюдается после образования шейки. П. Бриджмен и Н.Н. Давиденков установили, что система напряжений в шейке образца состоит из гидростатических растягивающих напряжений  $\sigma_r = \sigma_t$  и продольного напряжения  $\sigma_z$ . Величина гидростатических растягивающих напряжений изменяется в зависимости от расстояния до оси образца, возрастая от нуля на поверхности шейки до максимального значения на оси. Напряжение  $\sigma_z$  имеет постоянную величину по всему сечению шейки. Гидростатические растягивающие напряжения повышают хрупкость материала. Так как на оси образца действуют максимальные гидростатические растягивающие напряжения  $\sigma_{\text{тмкк}}$  наряду с осевым напряжением  $\sigma_z$ , то образование микротрещин в плоскости перпендикулярной оси начинается на оси. Накопление микротрещин вызывает образование макродефектов и приводит к разрушению образца.

При наложении высокого гидростатического давления на систему растягивающих напряжений в шейке образца абсолютная величина трехосных растягивающих

щих напряжений уменьшается и рассматриваемые напряжения могут даже стать сжимающими. Это подавляет образование трещин и способствует осуществлению большей пластической деформации до разрушения. Таким образом, эффект влияния высокого давления на пластичность будет реализован в большей мере при способах деформации, в которых отсутствуют трехосные растягивающие напряжения.

Одним из таких способов является процесс волочения проволоки, в котором радиальные и тангенциальные напряжения в очаге деформации сжимающие, а по сечению вдоль оси действует растягивающее напряжение. При обычном волочении проволоки упрочнение, полученное в результате наклёпа, сопровождается снижением пластичности и проволока становится хрупкой. Процесс прекращают и восстанавливают пластичность отжигом, однако при этом снимается также деформационное упрочнение.

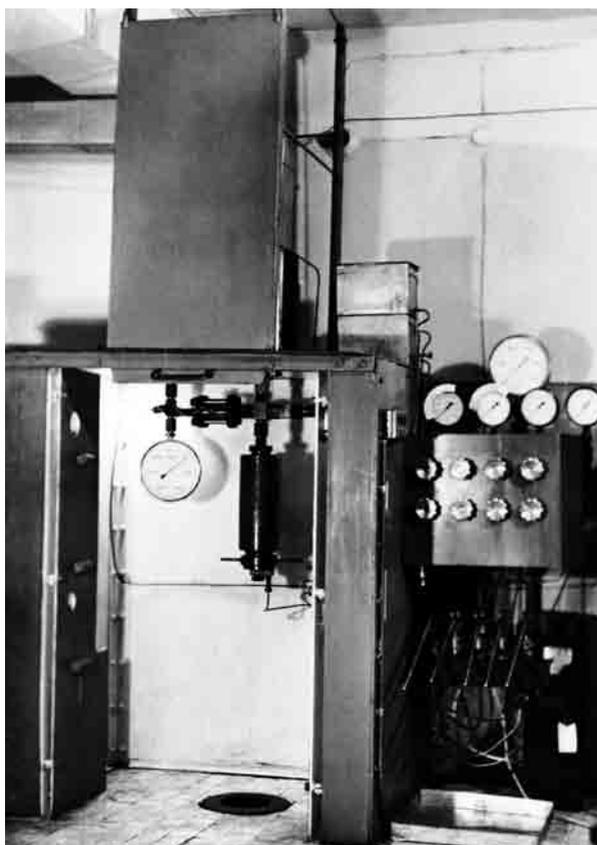
П. Бриджмен на специальной установке осуществил волочение рояльной проволоки в сжатой жидкости при давлении 1160 МПа за 6 проходов без промежуточного отжига с диаметра 1.935 мм на диаметр 0.66 мм, что соответствует истинной деформации 2.15. Волочение проволоки при атмосферном давлении с таким же обжатием потребовало 15 проходов, после чего проволока потеряла способность к дальнейшему волочению и разрывалась без пластической деформации. Испытания на растяжение миниатюрных образцов, изготовленных из проволоки после волочения, при атмосферном давлении с истинной деформацией 2.15 показали, что её пластичность упала до нуля, а предел прочности составил 2930 МПа. На образцах, изготовленных из проволоки, прошедшей волочение под давлением, при истинной деформации 2.15 предел прочности составил 3660 МПа, а остаточная пластичность равнялась 0.29.

Таким образом, было показано, что приложение гидростатического давления при волочении уменьшает повреждения материала и соответственно улучшает его остаточные свойства по сравнению с материалом, получившим такую же деформацию при атмосферном давлении. Позднее в работах Х. Пью по волочению под давлением меди и сталей, было показано, что гидростатическое давление подавляет образование пор, обычно сопровождающих деформацию растяжением. Отметим, что эти опыты имели чисто академическое значение, поскольку на практике волочение в сжатой жидкости не применяется.

П. Бриджмен впервые провёл серию экспериментов по выдавливанию медных и стальных заготовок жидкостью высокого давления. Позднее этот метод английским профессором Х. Пью был назван гидроэкструзией.

П. Бриджмен ограничился относительно небольшим количеством опытов, в которых столкнулся с проблемами неконтролируемого истечения металла, больших термических эффектов и разрушения материала при истечении из очага матрицы.

В период 1955 – 1959 гг. большой объём работ по исследованию и развитию процесса гидроэкструзии почти одновременно и независимо друг от друга был выполнен Х. Пью с сотрудниками в Английской национальной инженерной лаборатории и Б.И. Бересневым, Л.Ф. Верещагиным, Ю.Н. Рябининым и Л.Д. Лифшицем в Институте физики высоких давлений АН СССР. Работы в этом направлении оказались успешными и перспективными как для улучшения свойств широкого класса материалов, так и для изготовления точных заготовок различных изделий.



Установка М-20

Б.И. Береснев разработал установку для выдавливания жидкостью металлов (гидроэкструзии) до давлений 1000 МПа. В ней давление жидкости создавалось с помощью гидрокомпрессора. В серии экспериментов по гидроэкструзии меди, алюминия и его сплавов, а также малоуглеродистых сталей были установлены параметры, определяющие оптимальные условия осуществления процесса: тип рабочей жидкости и её сжимаемость под давлением, вид смазки и покрытия поверхности заготовок, угол конуса матрицы, степень деформации материала заготовки и соотношение объёма жидкости в контейнере с объёмом заготовки. Б.И. Береснев первый в СССР осуществил эти исследования и показал перспективность метода гидроэкструзии. В 1960 г. была опубликована монография «Некоторые вопросы больших пластических деформаций металлов при высоких давлениях», авторы Б.И. Береснев, Л.Ф. Верещагин, Ю.Н. Рябинин, Л.Д. Лифшиц. Работа вызвала большой интерес у научных работников СССР и ученых за рубежом, и в 1963 г. издательством «Пергамон пресс» была издана на английском языке.

В 1961 г. Б.И. Береснев поступил на работу в Институт физики земли АН СССР.

Там он проводил эксперименты по осадке под давлением образцов некоторых горных пород, отличающихся как минералогическим составом, так и структурным строением. Опыты по осадке под давлением жидкости минералов диабазы, эклогита, гранита и дунита показали, что эти хрупкие при атмосферном давлении материалы, при воздействии высокого давления жидкости до 1000 МПа приобретают значительную пластичность. Подробной информации о работах Б.И. Береснева в этом институте мы не имеем, но в тот период он тесно сотрудничал с лабораторией высоких давлений Института физики металлов. Был создан творческий коллектив в составе учёных Института физики Земли АН СССР Б.И. Береснева, Ю.Н. Рябинина, Е.Д. Мартынова и учёных Института физики металлов К.П. Родионова и Д.К. Булычева.

Этот коллектив выполнил оригинальные исследования по трём основным направлениям.

1. Разработка аппаратуры высокого давления и методик изучения физико-механических свойств материалов под давлением.
2. Исследование прочности, пластичности и разрушения твёрдых тел непосредственно в условиях высокого давления.
3. Изучение влияния предварительной деформации под высоким давлением на изменение физико-механических свойств твёрдых тел.

Под руководством Б.И. Береснева и Е.Д. Мартынова была создана установка высокого давления М-20, позволяющая осуществлять следующие методики: растяжение и сжатие металлических образцов при постоянном давлении, испытания на ползучесть и выполнение процессов гидроэкструзии различных металлов и сплавов. Благодаря наличию двух мультипликаторов, гидрорентвентили и системы заполнения контейнера от насосов можно выполнять различные методики до давлений 2000 МПа и температур 20–250 °С. Подобных установок в этот период 1960 – 1968 гг. не имелось в СССР и за рубежом.

Авторы провели обширные исследования по выявлению влияния высокого давления на пластичность различных металлов и сплавов и впервые осуществили эксперименты по растяжению и сжатию под давлением хрупких металлов, интерметаллидов, полупроводников и других материалов. Большой интерес у научной общественности вызвали исследования авторов по влиянию давления на зарождение и развитие микродефектов и трещин разрушения, а также на заживление пор и трещин при деформации металлов под давлением.

Большой объём исследований выполнен авторами в области влияния предварительной деформации под высоким давлением на остаточные свойства различных металлов и сплавов. Обширные эксперименты с молибденом и его сплавами показали, что после гидроэкструзии наблюдается значительное улучшение физико-механических свойств этих материалов. Следует особо отметить повышение прочности в 2 – 3 раза и многократное увеличение пластичности и ударной вязкости. Авторы провели серию экспериментов по гидроэкструзии ряда тугоплавких металлов: хрома, титана, бериллия и ниобия. После гидроэкструзии этих материалов было установлено также заметное улучшение механических свойств. При изучении физической природы влияния деформации под давлением на остаточные свойства металлов и сплавов авторами выполнены микроструктурные, рентгеновские электронно-микроскопические исследования и рассмотрена текстура. Итогом работы коллектива был выпуск монографии «Пластичность и прочность твёрдых тел при высоких давлениях», авторы Б.И. Береснев, Е.Д. Мартынов, К.П. Родионов, Д.К. Булычев, Ю.Н. Рябинин. Ответственным редактором этой монографии был академик С.В. Вонсовский.

С.В. Вонсовский был в это время председателем Уральского научного центра АН СССР и заместителем директора по науке института физики металлов, он



Гидростат ИФМ



П.С. Зырянов, С.В. Вонсовский. Б.И. Береснев

предложил Б.И. Бересневу перейти на работу в Институт физики металлов УНЦ АН СССР и организовать и возглавить лабораторию гидроэкструзии. С.В. Вонсовский также предложил Б.И. Бересневу выступить с докладом о развитии и перспективах научных исследований по этой тематике на президиуме отделения общей физики и астрономии АН СССР.

Доклад Б.И. Береснева был одобрен, и президиум АН СССР принял решение о развитии работ по гидроэкструзии в Институте физики металлов УНЦ АН СССР. В решении президиума АН СССР предусматривались следующие мероприятия для развития работ по гидроэкструзии: строительство корпуса гидроэкструзии, выделение фондов на оборудование и материалы, а также дополнительное финансирование для привлечения научных работников, инженеров и рабочих. Решением учёного совета института Б.И. Береснев был избран заведующим лабораторией гидроэкструзии. В это время он проявил себя не только как известный учёный, возглавивший разработку и внедрение новых технологических процессов по гидростатической обработке материалов, но и как умелый организатор научных исследований. К моменту готовности к эксплуатации корпуса гидроэкструзии были закуплены токарные, фрезерные и шлифовальные станки, печи для термической обработки деталей, гидравлический пресс усилием 4000 кН, а также научное оборудование для структурных и рентгеновских исследований. В лаборатории довольно скоро начала действовать специализированная мастерская с квалифицированными рабочими и механиками по изготовлению и эксплуатации установок высокого давления.

С 1972 по 1978 гг. Б.И. Береснев большое внимание уделял созданию опытно-промышленных установок и технологиям гидроэкструзии заготовок из конструкционных сталей и сплавов цветных металлов. Целью этих исследований и разработок являлось получение точных шлицевых профилей из сталей 40X и сплавов АМЦ методом полунепрерывной гидромеханической гидроэкструзии вместо существующих технологий механообработки методами черного и чистового фрезерования. Были созданы установки для гидроэкструзии профилей на базе прессы усилием 4000 кН и опытно-промышленные технологии, которые обеспечивали повышение производительности в 3 – 5 раз и снижение расхода металла на 25–40%. Указанные работы проводились по хозяйственным договорам с рядом отраслевых институтов и промышленных предприятий, а также по программам ГКНТ СМ СССР.

Важным направлением, которое предложил Б.И. Береснев, являлось создание процесса гидроэкструзии толстостенных трубных заготовок с отверстиями малых диаметров большой длины. Работы в этом направлении позволили получить такие заготовки методом гидроэкструзии на «гидравлической оправке». Опытная партия заготовок передана заказчику для изготовления ответственных изделий, которые после натуральных испытаний показали высокие эксплуатационные свойства. Данная работа получила высокую оценку президента Академии наук академика А.П. Александрова и Министерства оборонной промышленности.

По инициативе Б.И. Береснева разработаны оригинальные установки (гидростаты), которые использовались для обработки изделий из порошков жидкостью высокого давления в целях повышения плотности перед спеканием и изготовления специальных заготовок различных форм. Эти гидростаты по хозяйственным договорам передавались институтам и предприятиям СССР. Гидростаты демонстрировались на международных выставках в Польше и Германской демократической республике. После выставки в Варшаве польская фирма «Унитра» по контракту купила гидростат у ИФМ. На выставке в Лейпциге ИФМ получил золотую медаль за конструкцию гидростата.

Б.И. Береснев создал при ГКНТ СМ СССР научный совет по гидростатической обработке материалов, в котором осуществлял координацию работ по гидроэкструзии и обработке порошковых материалов жидкостью высокого давления в СССР. Работы Б.И. Береснева и его учеников получили широкое признание в Англии, США, Швеции, Польше и Чехословакии. Он был избран членом исполкома международной ассоциации по развитию высоких давлений (МАРИВД). Он неоднократно был в Англии, Чехословакии, США и Польше по приглашению учёных этих стран.

Б.И. Береснев проработал в Институте физики металлов до 26 марта 1978 г., в день своего 50-летнего юбилея он был избран член-корреспондентом Академии наук Украины. Он переехал в город Донецк и в Донецком физико-техническом институте Академии наук УССР возглавил отделение «Гидростатическая обработка материалов», в состав которого вошли несколько «давленческих» и структурных лабораторий.

Б.И. Береснев принимал активное участие в проведении Всесоюзных и международных конференций по фундаментальным и прикладным аспектам физики и техники высоких давлений. Им опубликовано в соавторстве 6 монографий, более 200 статей, он автор 40 изобретений. Б.И. Береснев уделял большое внима-

ние подготовке научных кадров. Под его руководством защищены 20 кандидатских диссертаций. Борис Иванович Береснев внёс большой вклад в развитие экспериментальной базы института физики металлов и как учёный, конструктор, незаурядный организатор и человек щедрой души получил признание среди отечественных и зарубежных учёных.

*Б.И. Каменецкий*

### Список литературы

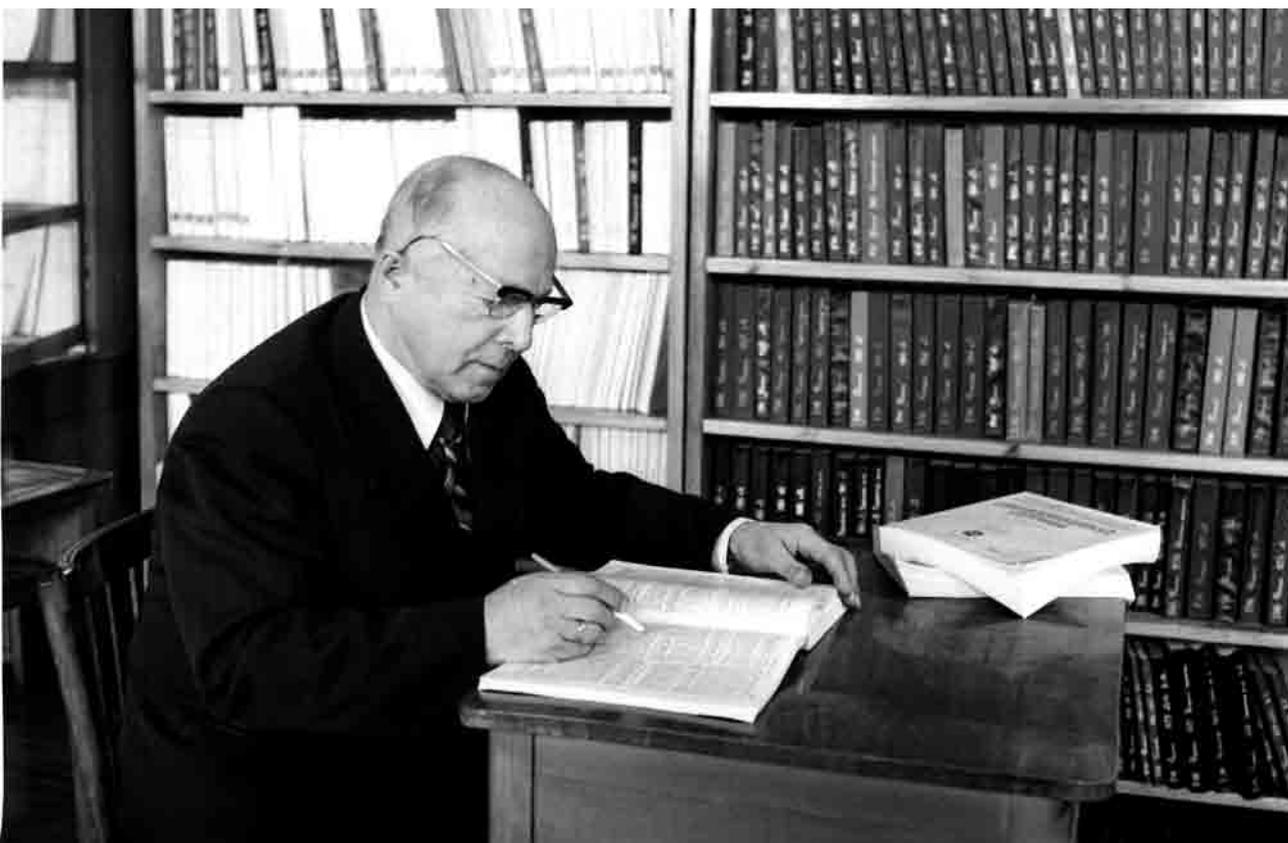
1. Береснев Б.И., Верещагин Л.Ф., Рябинин Ю.Н., Лифшиц Л.Д. *Некоторые вопросы больших пластических деформаций металлов при высоких давлениях*. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 158 с.
2. Береснев Б.И., Мартынов Е.Д., Родионов К.П., Булычев Д.К., Рябинин Ю.Н. *Пластичность и прочность твёрдых тел при высоких давлениях*. М.: Наука, 1970. 160 с.
3. Береснев Б.И., Трушин Е.В. *Процесс гидроэкструзии*. М.: Наука, 1976. 200 с.
4. Береснев Б.И., Езерский К.И., Трушин Е.В. *Физические основы и практическое применение гидроэкструзии*. М.: Наука, 1981. 240 с.
5. *Высокие давления в современных технологиях обработки материалов / Береснев Б.И., Езерский К.И., Трушин Е.В., Каменецкий Б.И.* М.: Наука, 1988. 245 с.

## \* Кузьма Петрович РОДИОНОВ

Родился в д. Стренево Калининской области, закончил в 1942 г. Пермский государственный университет, с 1946 по 1950 г. обучался в аспирантуре Института физики металлов УФАН СССР, в 1950 г. защитил кандидатскую диссертацию. В 1950 – 1951 гг. был ученым секретарем института. С 1955 г. – зав. лабораторией высоких давлений, с 1969 по 1976 гг. – зав. отделом физики высоких давлений. В 1976 – 1981 гг. – старший научный сотрудник-консультант. В 1974 г. защитил диссертацию на звание доктора физико-математических наук по теме: «Влияние высокого давления и больших пластических деформаций на поведение физико-механических свойств твердых тел».

Под руководством К.П. Родионова была разработана тематика лаборатории физики высоких давлений, спроектирована и изготовлена аппаратура для экспериментальных исследований при высоких давлениях, подготовлены кадры для работы в области физики высоких давлений. Основные направления научных исследований в лаборатории следующие.

1. Термодинамическое и феноменологическое описание сжатого вещества. Рассматривалось влияние давления на сжимаемость, тепловое расширение, теплоемкость, температуру Дебая, исследовалось уравнение состояния, изменение свободной и внутренней энергии, в том числе под давлением.
2. Влияние высоких давлений на электрические и магнитные свойства переходных металлов и их соединений, ферроэлектриков, полуметаллов, полупроводников, обусловленные изменением электронного энергетического спектра.
3. Влияние высокого давления на прочностные и пластические свойства твердого тела. Экспериментальные исследования влияния давления на кристаллическую структуру, изменение объемно-упругих свойств, механических свойств хрупких и трудно деформируемых материалов.



К.П. Родионов в библиотеке

Важным разделом работы К.П. Родионова были развитие научных исследований и внедрение в промышленность нового способа обработки хрупких и тугоплавких материалов жидкостью высокого давления (гидроэкструзии), разработанного в Институте физики металлов УФАН СССР совместно с Институтом физики Земли АН СССР.

В 1960 г. К.П. Родионов совместно с Б.И. Бересневым и Д.К. Булычевым впервые в СССР сформулировал основные принципы холодного деформирования хрупких материалов без разрушения в жидкости высокого давления, в 1961 – 1964 гг. был осуществлен метод холодного деформирования хрома, молибдена, чугуна, сплавов титана и других хрупких материалов при выдавливании их жидкостью высокого давления. В 1961 – 1967 гг. в соавторстве с Б.И. Бересневым и др. осуществил экспериментальную разработку метода гидроэкструзии и способствовал применению этого метода в опытно-промышленном производстве.

За время работы в ИФМ К.П. Родионов опубликовал свыше 60 научных трудов, получил шесть патентов на изобретения в СССР, Англии и США. Под его руководством выполнены шесть кандидатских диссертации и одна докторская диссертация.

На протяжении ряда лет К.П. Родионов являлся постоянным членом Совета по координации работ в области новых технологий обработки материалов жидкостью высокого давления при Государственном комитете Совета министров СССР по науке и технике.



---

## Виктор Алексеевич ПАВЛОВ

Известному ученому, заведующему лабораторией механических свойств (с 1951 по 1982 г.) в Институте физики металлов УрО РАН, доктору физико-математических наук, профессору Павлову Виктору Алексеевичу (1912 – 1992 гг.) 12 февраля 2012 г. исполнилось бы 100 лет.

В.А. Павлов родился в г. Бийск на Алтае. Семья была малообеспеченной, и он подрабатывал в свободное время перевозом людей через реку Бия. После окончания школы он уехал в Томск и поступил в Томский государственный университет на физико-математический факультет.

Научная деятельность В.А. Павлова началась в 1936 г. в Физико-техническом институте (ныне Институте физики металлов УрО РАН) в г. Свердловске (ныне г. Екатеринбург) под руководством доктора физико-математических наук профессора М.В. Якутовича, и позднее – под руководством доктора технических наук К.А. Малышева. Будучи с 1937 г. аспирантом, Павлов В.А. выполнял свои первые исследования по воздействию на структуру и свойства стали условий нагрева и отжига в электромагнитном поле.

С 1936 по 1992 г. (более 55 лет) он отдал свой талант ученого, организатора и педагога науке о физических основах прочности и пластичности металлов и сплавов. С именем В.А. Павлова связаны значительные успехи в развитии дислокационной физики пластичности кристаллов и решение многих актуальных проблем современного материаловедения.

В годы войны с 1941 по 1944 г. В.А. Павлов находится в рядах Советской армии на Карельском фронте. За боевые заслуги был награжден орденом Красной Звезды, рядом медалей.

С 1945 г. он продолжил научные исследования в лаборатории механических свойств Института физики металлов Уральского филиала АН. В 1948 г. защитил кандидатскую диссертацию, и с 1951 г. стал заведующим лабораторией механических свойств. В 1963 г. защитил докторскую диссертацию. В это время он –

---



Состав штаба батальона во главе с начальником штаба В.А.Павловым, 1945 г.

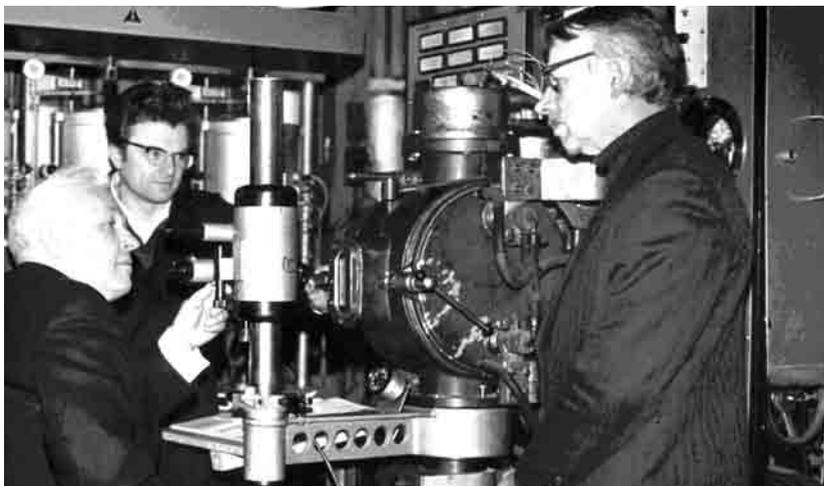
руководитель и организатор оснащения лаборатории новым оборудованием для испытания механических свойств металлов и сплавов. Еще в 1940 г. совместно с В.С. Аверкиевым, Г.Н. Колесниковым и М.В. Якутовичем была разработана и испытана «Установка для растяжения проволоки в широком диапазоне температур и скоростей деформации», которая в то время на десятилетие опередила западные варианты подобных установок – «Instron». После защиты докторской диссертации В.А. Павлов вновь обратился к фундаментальным физическим проблемам. Основные направления его исследований: пластичность и прочность твердых тел в широком диапазоне температур и скоростей деформации, динамическое поведение дислокаций, структура дислокации, дислокационный механизм низкотемпературной и высокотемпературной деформации, физические основы создания жаропрочных сплавов, влияние малых примесей на прочность, пластичность и ползучесть металлов и сплавов.



Ветеран Великой Отечественной войны



Занятия в лаборатории проф. Большанина в Томском Госуниверситете



В.А. Павлов, Ю. Рожанский и В.Л. Инденбом  
на конференции «Влияние малых примесей на прочность материалов»



В рабочем кабинете

Результаты научной деятельности В.А. Павлова видны в его двух фундаментальных монографиях, в более чем 160 научных публикациях и изданных под его редакцией сборниках научных трудов. Он до конца жизни являлся бессменным организатором всесоюзных научных конференций по физике прочности и пластичности, которые проводились на базе Института физики металлов в г. Свердловске. Под его руководством были защищены более 10 кандидатских диссертаций и одна докторская.

Наряду с академическими исследованиями В.А. Павлов много сил отдал прикладным работам в содружестве с Первоуральским трубным заводом, научным отделом Белоярской атомной электростанции и другими предприятиями нашей страны.

Трудовые заслуги Виктора Алексеевича Павлова перед Отечеством отмечены высокими правительственными наградами, грамотами президиума Академии наук.

В коллективе лаборатории механических свойств В.А. Павлов оставил о себе память как о человеке, с душевной теплотой относящимся к подчи-



Лаборатория Механических свойств, 1981 г.

ненным, но всегда требовательном к выполнению служебных обязанностей. Сотрудники берегут память о В.А. Павлове, продолжая начатые им фундаментальные исследования физических основ прочности и пластичности твердых тел.

*Н.И. Чарикова (Носкова)*

### Список литературы

1. Павлов В. А. *Физические основы пластической деформации металлов* / Отв. ред. М.В. Якутович. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 200 с.
2. Павлов В. А. *Физические основы холодной деформации ОЦК металлов* / Отв. ред. М.В. Якутович. М.: Наука, 1978. 208 с.



---

## Профессор Олег Дмитриевич ШАШКОВ

Олег Дмитриевич Шашков родился в г. Ашхабаде – столице Туркменской ССР 27 августа 1930 г. Его отец, Дмитрий Иванович Шашков, приехал в Туркмению из Запорожья (Украина) в 1920-е г. по рекомендации докторов. Он работал экономистом в финансовой организации, в послевоенные годы – в финотделе Министерства внутренних дел Туркменской ССР. Мама, Клавдия Ивановна Стороженко, окончила Кубанский индустриальный техникум и приехала в Ашхабад по распределению как молодой специалист. После рождения первенца она стала домохозяйкой. В семье родились еще два сына. Ашхабад (название старого города Асхабад «солнечный город») расположен в оазисе на краю пустыни Каракум, на юге и юго-западе тянется гряда гор. В 30 км от города в ущельи находится другой зеленый оазис – Фирюза, а совсем рядом проходит граница с Ираном. О детстве и отрочестве у Олега сохранились самые светлые воспоминания: бесконечное знойное лето, арыки, «купалка», велосипедные поездки с друзьями на близлежащие холмы и на купание в подземном теплом (~36–38 °С) озере вблизи пос. Бохарден. В военные годы было голодно, но овощи, дыни и виноград были в изобилии. В октябре 1948 г. в городе произошло сильнейшее (более 9 баллов) землетрясение. Почти весь город был разрушен. Газеты сообщали, что погибло 30 тыс. жителей, сейчас называют цифру втрое большую. 18-летний Олег находился в это время в больнице. После обрушения здания погибли медработники и почти все больные, но он остался живым, даже без ушибов. Ночью в темноте он прошел через руины города, отыскал свой разрушенный дом и вместе с мамой начал откапывать отца и братьев. Так, по счастливой случайности, вся семья Шашковых уцелела при землетрясении. Потеряв все нажитое, они снова начали обустраиваться. В 1950 г. Олег с золотой медалью окончил среднюю школу и поступил на учебу в Туркменский государственный университет им. А.М. Горького, избрав в качестве специальности физику. В годы

---

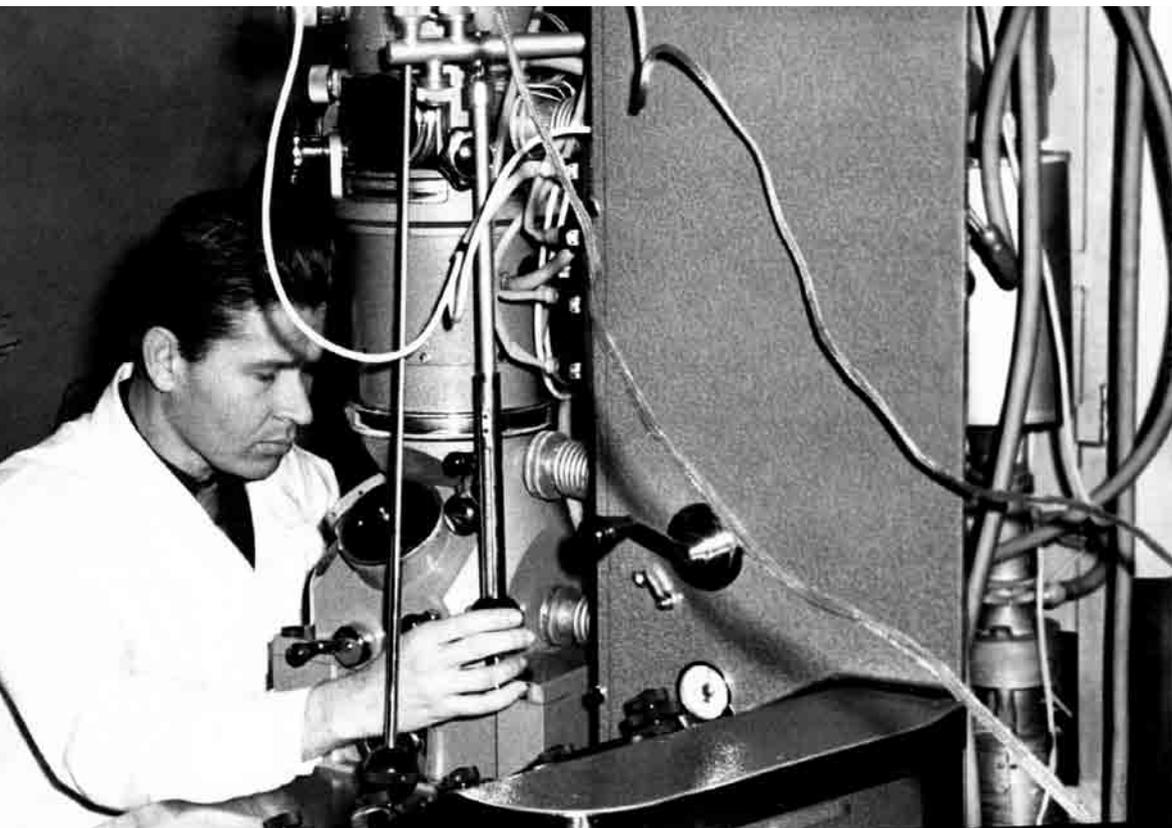
учебы он окончил курсы киномехаников и вечерами работал во Дворце культуры, чтобы помочь родителям материально. В 1954 г. в составе группы студентов Олег Дмитриевич был направлен в Институт физики металлов УФАН (г. Свердловск, ныне Екатеринбург) на дипломную работу, которую успешно выполнил в лаборатории фазовых превращений. Пребывание в ИФМ произвело сильное впечатление на молодого студента, впервые пробудился интерес к физическим исследованиям. После окончания университета он некоторое время работал в школе учителем физики и одновременно преподавал электротехнику в спецучилище. Уже в 1958 г. по приглашению зав. лабораторией фазовых превращений доктора физ.-мат. наук профессора Николая Николаевича Буйнова Олег Шашков переехал из Ашхабада в Свердловск и был зачислен в Институт физики металлов УФАН на должность младшего научного сотрудника, а затем принят в аспирантуру. Начался новый период в его жизни. Молодой сотрудник с увлечением работал на рентгеновских установках, сам плавил сплавы, проводил термообработки. Он легко осваивает уникальные в то время методики диффузного рассеяния рентгеновских лучей и электронной микроскопии. Знание электротехники и навыки физика-экспериментатора пригодились ему в дальнейшем при запуске и освоении лучших по тем временам японских просвечивающих электронных микроскопов JEM-150, JEM-200 фирмы JEOL. Дифракционная электронная микроскопия вскоре займет место основного метода в его структурных исследованиях, а сам Олег Дмитриевич станет одним из ведущих специалистов по электронной микроскопии на Урале.



Лаборатория фазовых превращений

Свою кандидатскую диссертацию на тему «Рентгенографическое исследование начальных стадий старения сплава Al–Zn с добавкой третьего компонента» О.Д. Шашков выполнил под руководством Н.Н. Буйнова и защитил в 1968 г. Отныне фазовые превращения в металлических сплавах займут главное место в его научных исследованиях.

Проблема повышения прочности металлических материалов всегда была одной из самых актуальных в металлофизике. Важным преимуществом сплавов является возможность широкого изменения их свойств с помощью упрочняющих обработок. При этом фактически все упрочняющие обработки основаны на изменении свойств при различных фазовых превращениях. В начале 1970-х гг. под руководством О.Д. Шашкова начало формироваться новое направление в физике металлов – использование для упрочнения сплавов двух совместных процессов: атомного упорядочения и распада пересыщенного твердого раствора. Эта тема как изучение процессов упорядочения в золото-медных и медно-палладиевых сплавах была начата им совместно с сотрудниками лаборатории механических свойств ИФМ Э.С. Яковлевой и В.А. Сюткиной. Научное сотрудничество с В.И. Сюткиной (позднее доктором физ.-мат. наук, профессором) продолжалось несколько лет и оказалось очень плодотворным. Новое направление в структурных исследованиях состояло в том, что впервые для упрочнения сплавов предла-



За электронным микроскопом, 1963 г.

галось одновременно использовать два фазовых превращения: распад пересыщенного твердого раствора и атомное упорядочение в материале матрицы. Как оказалось, структура и свойства состаренных сплавов с упорядоченной матрицей не являются результатом лишь простой суперпозиции соответственно структуры и свойств двух материалов: состаренного и упорядоченного. Впервые было показано, что состаренные сплавы с упорядоченной матрицей могут иметь повышенный предел текучести, свойственный дисперсионно твердеющим материалам, и высокое деформационное упрочнение, присущее упорядоченным.

Влияние упорядочения на кинетику прерывистого распада изучено О.Д. Шашковым на ряде промышленных и модельных сплавов с золото-медной и медно-палладиевой основами. Впервые в ряде сплавов обнаружено явление полного изменения механизма распада, когда под влиянием упорядочения матрицы прерывистый распад подавляется полностью, сменяясь высокодисперсным непрерывным. Этот эффект указал на возможность применить совместное старение и упорядочение к сплавам, в которых в неупорядоченном состоянии происходит грубый (разупрочняющий) прерывистый распад. Для таких сплавов совмещение двух фазовых превращений – единственный способ повышения механических свойств термической обработкой. Поэтому обнаруженное явление (изменение механизма распада) позволило пересмотреть возможности термических обработок некоторых промышленных сплавов и предложить упрочняющие обработки там, где ранее это считалось бесперспективным. На этом в частности основан способ термической обработки золото-медно-серебряных сплавов, который был использован для упрочнения промышленных изделий, предназначенных для приборостроения.

Большое внимание О.Д. Шашков с сотрудниками уделили изучению механизма пластической деформации упорядоченных сплавов с периодическими антифазными доменными границами и процессов распада в таких сплавах. Была показана принципиальная возможность зарождения новой фазы на периодических границах, что позволяло создавать особые – слоистые – высокодисперсные устойчивые структуры. В таких сплавах совмещение упрочнения от распада пересыщенного твердого раствора и атомного упорядочения матрицы наиболее эффективно.

Полученные результаты легли в основу докторской диссертации О.Д. Шашкова «Структура и свойства дисперсионно-твердеющих сплавов с упорядоченной матрицей», которую он защитил в 1978 г.

В последующие годы О.Д. Шашков вместе с учениками В.Д. Сухановым и Т.С. Бояршиновой провели новый цикл исследований фазовых превращений в сплавах с упорядоченной матрицей. Они изучили влияние атомного упорядочения на растворимость в тройных и многокомпонентных сплавах на основе благородных металлов с добавками хрома, кобальта, цинка, индия и других элементов и рассмотрели возможности повышения прочностных свойств этих сплавов. Работе «Изучение влияния атомного упорядочения на растворимость в многокомпонентных твердых растворах замещения» в 1995 г. был присужден грант Международного научного фонда Сороса.

Работы О.Д. Шашкова с соавторами внесли фундаментальный вклад в развитие атомно-кристаллического механизма фазовых превращений в стареющих и упорядочивающихся сплавах. Впервые была показана возможность упрочнять сплавы, одновременно используя для этого два фазовых превращения: распад пересыщенного твердого раствора и атомное упорядочение матрицы. Получен-



На границе «Европа-Азия», 1978 г.



О.Д. Шашков с родителями и дочкой Верой, 1970 г.

ные данные о фазовых превращениях, их взаимной связи и влиянии на механические свойства использовались для разработки научно-обоснованных режимов термообработок ряда сплавов на основе благородных металлов и защищены авторскими свидетельствами.

В период 1981 – 1994 гг. Олег Дмитриевич возглавлял лабораторию фазовых превращений в Институте физики металлов. К этому времени тематика лаборатории существенно расширилась. Наряду с алюминиевыми и цветными сплавами стали изучать титановые, циркониевые сплавы, а также структуру и свойства сплавов с эффектом памяти. Сотрудники успешно работали, защищали кандидатские и докторские диссертации.

В течение многих лет на общественных началах Олег Дмитриевич выполнял обязанности ученого секретаря специализированного совета по защите докторских диссертаций при Институте физики металлов. К этим обязанностям он относился ответственно, проявляя в отношениях с соискателями терпение и доброту.

О.Д. Шашков работал в Институте с 1958 по 2005 г., занимая должности младшего и старшего научного сотрудника, зав. лабораторией, главного научного сотрудника. Он является автором более 100 научных работ, трех аналитических обзоров и нескольких авторских свидетельств. Под его руководством пять аспирантов выполнили и защитили кандидатские диссертации. В 1991 г. ему было присвоено звание профессора по специальности «физика твердого тела». В 1977 – 1978 гг.

О.Д. Шашков выезжал в научные командировки в Чехословакию и Польшу. С польским ученым доктором наук Ф. Дуткевичем дружественные отношения сохранялись в течение многих лет. Они обменивались письмами и открытками. Олег Дмитриевич был очень тронут, когда в начале 1990-х гг. во время глубокого экономического кризиса в нашей стране неожиданно получил из Польши от Ф. Дуткевича продуктовую посылку. В Польшу

тоже отправлялись подарки. Друзья Олега по университету (русские и туркмены) остались в Ашхабаде. Некоторые из них окончили аспирантуру в Москве, защитили кандидатские диссертации и работали в НИИ или преподавателями в учебных заведениях. Олег Дмитриевич несколько раз встречался с ними в Ашхабаде и здесь, в Екатеринбурге. Новых друзей было немного.

Олег Дмитриевич имел абсолютный музыкальный слух и в детские годы играл на скрипке. Любовь к классической музыке сохранилась у него на всю жизнь. Очень любил он также слушать хоровое пение. Немногие знали, что Олег Дмитриевич метко стрелял и на профессиональном уровне увлекался пиротехникой. Он знал все секреты пиротехники и мог организовать яркий звездный праздник из сложных фигур. Это он делал неоднократно в Ашхабаде, когда мы приезжали туда на отдых, а позднее – на даче. В жизни Олег Дмитриевич был оптимистом, любил пошутить, рассказать хороший анекдот. Коллеги по работе отмечали в нем отзывчивость и доброжелательность. Однако наиболее ценное свойство его характера состояло в том, что он был человеком долга и высокой внутренней ответственности, что делало его абсолютно надежным человеком в любых делах и отношениях. Несомненно, что эти свойства характера были воспитаны в нем родителями, Клавдией Исаевной и Дмитрием Ивановичем, к которым он всегда относился с глубоким уважением и почтением.

Мы поженились с Олегом Дмитриевичем в 1963 г. На смену безоблачной юности пришли годы напряженного труда и семейные заботы. Однако в любых жизненных ситуациях мы оставались опорой друг для друга. Летом обычно мы отдыхали у моря на Кавказе или в Крыму, неоднократно – в Севастополе, где любили наблюдать празднование Дня Военно-морского флота СССР. Природа среднего Урала тоже нравилась Олегу Дмитриевичу. Он приехал на Урал в юношеском возрасте. Русские просторы, леса, летнее многоцветье лугов и чистые озера сразу полюбились ему. Особенно его привлекали длительные прогулки в лесу, сбор грибов. Всей семьей, а чаще вдвоем, мы обошли все живописные окрестности Исети, Сагры,



О.Д. Шашков и М.М. Кириллова перед свадьбой, 1963 г.



О.Д. Шашков с дочерью Верой и женой М.М. Кирилловой, 1974 г.

Невьянска, Северки, купались в озерах Таватуй, Балтым, Песчаное и др. А вот на даче Олег Дмитриевич скучал, садовый «цветочный рай» совсем не привлекал его. Не любил он и возиться с землей. В последние годы жизни он продолжал подолгу слушать классическую музыку, а мысли его все чаще возвращались в город детства и юности Ашхабад, который по-прежнему оставался самым дорогим его сердцу местом на Земле.

М.М. Кириллова

### Список литературы

1. Шашков О.Д., Буйнова Л.Н., Сюткина В.И., Яковлева Э.С., Буйнов Н.Н. Влияние серебра на структуру и механические свойства упорядоченного сплава  $Cu_3Au$  // ФММ, 1969, Т. 28, № 6, С. 1029–1035.
2. Шашков О.Д., Сюткина В.И., Руденко В.К. Влияние атомного упорядочения на процесс распада в сплаве золото-медь-серебро // ФММ, 1974, Т. 37, № 4, С. 782–89.
3. Шашков О.Д., Сюткина В.И., Суханов В.Д. Зарождение выделяющейся фазы на периодических антифазных границах // ФММ, 1976, Т. 41, № 6, С. 1280–1989.
4. Шашков О.Д., Суханов В.Д., Бояршинова Т.С. Влияние атомного упорядочения на растворимость серебра в сплавах на медно-золотой и медно-палладиевой основах // ФММ, 1996, Т. 81, № 2, С. 124–129.
5. Суханов В.Д., Шашков О.Д., Бояршинова Т.С., Турхан Ю.Э. Атомное упорядочение и растворимость в тройных твердых растворах замещения. II. Упорядочение типа  $A_1 B_2$  // ФММ, 1997, Т. 83, № 1, С. 103–109.
6. Шашков О.Д., Бояршинова Т.С., Суханов В.Д. Изучение механизмов фазовых превращений в сплавах системы золото-медь-серебро // ФММ. 1999. Т. 87. № 6, С. 101–105.
7. Шашков О.Д. Структура и свойства дисперсионно-твердеющих сплавов с упорядоченной матрицей // ФММ, 2005, Т. 100, № 6, С. 57–66.

---

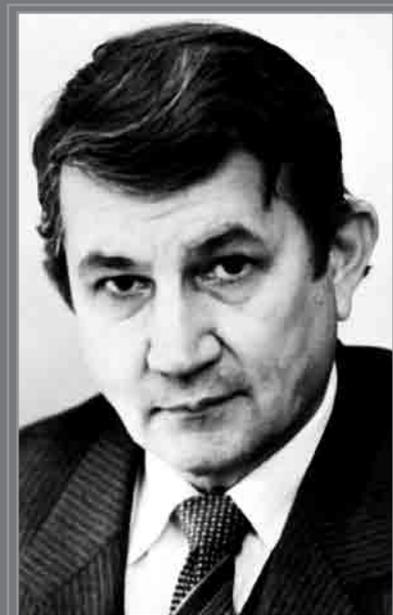
## Борис Константинович СОКОЛОВ

Борис Константинович Соколов родился 3 мая 1931 г. Он является практически ровесником нашему институту, а большая часть его жизни связана с Институтом физики металлов.

Родился Б.К. Соколов в Свердловске в семье профессора К.Н. Соколова. После окончания Уральского политехнического института по специальности «металловедение и термическая обработка металлов» обучался в аспирантуре при ИФМ АН СССР (1954–1957 гг.). В лаборатории физического металловедения под руководством В.Д. Садовского занимался вопросами изучения механизма образования аустенита при нагреве в сталях. В 1962 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию на эту тему.

Вскоре после этого ему было поручено возглавить группу трансформаторной стали. Начав практически с нуля новую тематику, Б.К. Соколов уже в первые годы добился больших успехов в понимании процессов, происходящих при деформации и рекристаллизации электротехнической стали и определяющих уровень ее магнитных свойств. Вместе с молодыми сотрудниками В.В. Губернаторовым, Д.Б. Титоровым, И.К. Счастливецовой группа представляла собой дружный и талантливый коллектив, члены которого являлись авторами по-настоящему классических работ в области физики и металловедения электротехнических сталей. Эти работы во многом опережали признаваемые впоследствии пионерскими во всем мире исследования японских ученых по текстуре и рекристаллизации этих материалов, но были практически неизвестными мировому сообществу из-за закрытости советской научной литературы. В соавторстве с сотрудниками группы Б.К. Соколовым были защищены авторские свидетельства на весьма оригинальные технологии обработки стали, которые до сих пор не потеряли актуальности. В дальнейшем эти идеи получили развитие с использованием обработки стали лазером. В 1984 г. Б.К. Соколов защитил докторскую диссертацию на тему «Зако-

---





Заседание партбюро института, 1972 г.



М.Н. Михеев, В.Е. Щербинин, Б.К. Соколов



На демонстрации

номерности вторичной рекристаллизации и методы управления структурой в сплаве железо–3% кремния». В 1989 г. ему было присвоено звание профессора по специальности «физика твердого тела». В 1986 г. Б.К. Соколов был избран заведующим лабораторией магнитомягких материалов, которой руководил до 2001 г.

С первых дней работы в институте Б.К. Соколов активно участвовал в общественной жизни – был председателем профсоюзного комитета, секретарем партийной организации, организатором музея ИФМ. Борис Константинович был очень активным, неравнодушным человеком. Будучи профсоюзным, партийным лидером института, а также в течение ряда лет – председателем совета партийных секретарей Уральского научного центра АН СССР, он старался помогать ученым заниматься их главным делом, оберегая от излишнего формализма.

Б.К. Соколов пользовался большим авторитетом среди ученых–металловедов. Многие годы он являлся председателем Секции магнитомягких материалов научного совета РАН по магнетизму, членом оргкомитетов Всесоюзных конференций по физике и металлловедению электротехнических сталей и сплавов, по текстурам и рекристаллизации в металлах и сплавах, неоднократно был организатором всесоюзных и международных конференций на Урале. В 1997 г. после долгих и нищенских перестроечных лет лаборатория отважилась провести в Екатеринбурге международную конференцию «Texture and Properties of Materials» под председательством Б.К. Соколова. Заседания проходили на базе отдыха «Зеленый мыс», был предусмотрен синхронный перевод, поскольку доклады на английском для российских ученых еще были в диковинку. Очень помогли



советы немецкого профессора, основателя математического метода описания текстуры H.J. Bunge, с которым сотрудники лаборатории познакомились тремя годами ранее во время его визита в Екатеринбург. Конференция прошла успешно, и все самые известные специалисты в этой области из США, Канады, Японии, Франции, Германии не побоялись приехать на Урал. Интересными были разговоры с японским профессором J. Narase – с его работами в 1960-е – 1970-е гг. постоянно перекликались работы группы Соколова – и его молодым коллегой доктором Y. Ushigami, который с использованием новейшего оборудования по сути повторял предложенные много лет назад идеи. Материалы конференции были опубликованы в международном научном журнале «Textures and Microstructures», редактируемом профессором Бунге. Впоследствии он привлек к работе в журнале Б.К. Соколова и И.В. Гервасьеву.

Б.К. Соколов много сил и энергии отдавал воспитанию научных кадров. Он подготовил 14 кандидатов наук, три его ученика защитили докторские диссертации. Многие годы являлся председателем государственной аттестационной комиссии в УГТУ-УПИ на кафедре термообработки и физики металлов. Выполнял эту работу с удовольствием, ему был интересен каждый студент, все оценки и замечания записывал в своей тетради. Когда один из выпускников кафедры стал мэром Екатеринбурга, Борис Константинович поднял свою тетрадку и вспомнил детали его защиты. Последнее время читал лекции на кафедре металловедения этого вуза. Восхищал его неформальный подход к процессу обучения. Он старался познакомить студентов со всеми методами исследования и технологиями производства материалов, какие только возможно найти в нашем городе, для этого он устраивал экскурсии в Институт физики металлов, Верх-Исетский завод, находил время индивидуально поработать с каждым студентом.

Борис Константинович был разносторонне одаренной личностью, писал стихи, увлекался музыкой. Но, безусловно, главным его увлечением была наука. Научная работа занимала его и в будни, и в праздники, а работоспособность его была поистине уникальна.

Б.К. Соколов имеет более 200 опубликованных работ, в их числе около 50 авторских свидетельств, монографии «Лазерные технологии на машиностроительном заводе», «Актуальные вопросы лазерной обработки сталей и сплавов». Награжден орденом «Знак Почета».

*И.В. Гервасьева*

### **Список литературы**

- 1. Лазерные технологии на машиностроительном заводе / Под ред. Б.К. Соколова и Н.Г. Терегулова и др. Уфа: Изд-во НПФ «Технология», 1993. 264 с.*
- 2. Актуальные вопросы лазерной обработки сталей и сплавов / Под ред. Б.К. Соколова и Н.Г. Терегулова. Уфа: Изд-во НПФ «Технология», 1994. 137 с.*

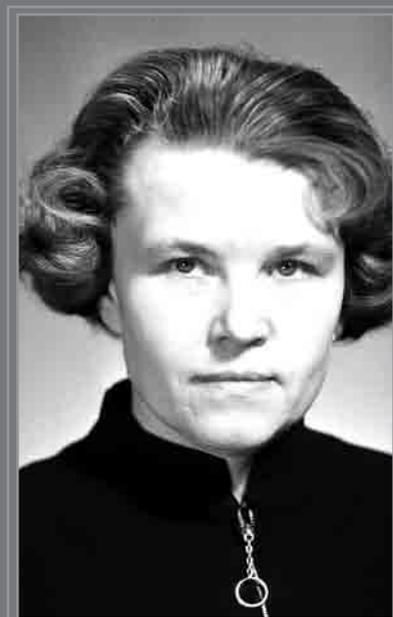
---

## Краткая биография Валентины Ивановны СЮТКИНОЙ

Валентина Ивановна Сюткина родилась 7 ноября 1932 г. в г. Сатка Челябинской области в семье служащего. В 1950 г. окончила среднюю школу с серебряной медалью. В 1950–1955 гг. училась в Уральском государственном университете им. А.М. Горького и закончила его по специальности «физик». Дипломная работа была посвящена физике твердого тела. С 1955 г. работала в Институте физики металлов УФАН СССР (ИФМ УрО РАН) в лаборатории механических свойств. Весь трудовой путь от лаборанта, младшего научного сотрудника до главного научного сотрудника она прошла в одной лаборатории.

Первым научным руководителем Валентины Ивановны была кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник Эмилия Сергеевна Яковлева. Эмилия Сергеевна является одним из организаторов-основателей Института физики металлов. Она была в первой группе молодых физиков-энтузиастов, посланных на Урал А.Ф. Иоффе. По своей подготовке она безусловно соответствовала уровню доктора наук, но в то время еще не была отлажена система защиты и, самое главное, существовало мнение, что стремиться защитить докторскую степень не важно, главное – творчески работать, а степень сама придет, что в корне ошибочно, поскольку что-либо само не приходит. За него надо бороться и порой очень серьезно. В этот период в лаборатории происходили кадровые перестановки. Зав. лабораторией М.В. Якутович был направлен в один из НИИ, как и некоторые другие сотрудники ИФМ, для решения атомной проблемы. На место заведующего была выдвинута Эмилия Сергеевна, но встретила серьезное противодействие со стороны молодого тогда и очень амбициозного кандидата наук Виктора Алексеевича Павлова. Поскольку Эмилию Сергеевну никогда не привлекала административная работа «зава», она уступила. У В.А. Павлова были и другие веские аргументы. Он был фронтовик, воевал на Северном фронте и имел партийный билет.

---





Студенческие годы

Среди научных направлений, развиваемых Эмилией Сергеевной и Валентиной Ивановной совместно, надо особенно выделить проблему прочности и пластичности атомно-упорядоченных сплавов. Это были 1960-1970-е гг. Сплавы с дальним порядком вызывали особый интерес, поскольку они обладали весьма интересным комплексом свойств, и не только механических. В качестве объекта исследований были выбраны сплавы системы золото-медь:  $\text{CuAu}$  и  $\text{Cu}_3\text{Au}$ . В.И. Сюткина оставалась верна этой тематике в течение всей жизни.

Было проведено тщательное академическое исследование, изучены связи структуры и различных физических свойств этих сплавов. Это время сейчас любят называть временем застоя, но для В.И. Сюткиной и ее коллег это было время вдохновенного труда. Вокруг нее постепенно складывался неформальный творческий коллектив. Этому способствовало образование на Свердловском заводе обработки цветных металлов (ОЦМ) группы творческих инженеров, это прежде всего, В.К. Руденко и Н.Н. Голикова. Они активно оснащали заводскую лабораторию современным оборудованием и проводили широкие, на уровне исследовательского института, исследования, понимая, что только подкрепляя практическую деятельность серьезными научными разработками, можно удовлетворить запросы заводов-заказчиков.

Интерес сотрудников завода ОЦМ к данной тематике нашел отклик как у сотрудников ИФМ (Н.Н. Сюткина, О.Д., Шашкова, В.А. Абраменко), так и УПИ им. С.М. Кирова (Л.П. Зеленина).

Надо пояснить существующий в то время в стране порядок. Драгметаллы находились на строгом учете и распределялись по особым распоряжениям для специальных целей, т.е. в повседневной работе с такими образцами требовалась предельная аккуратность.

В стране было несколько заводов, занимающихся изготовлением заготовок и промышленных изделий из драгметаллов. Одним из заводов был ОЦМ. Заказчикам изделий требовался определенный комплекс свойств, зачастую противоречивых. Так, высокая прочность сплава должна была сочетаться с низким электросопротивлением. Как правило, также требовалась высокая коррозионная стойкость и др. Сплавы из драгметаллов после специальной обработки удовлетворяли этим требованиям.

Разработки В.И. Сюткиной уникальны. Сочетание упрочнения, создаваемого доменными границами, и упрочнения при выделении частиц второй фазы на антифазных границах открыло возможность создания ряда новых золотомедных сплавов для приборостроения, в частности для слаботочных скользящих контактов. Полностью преодолена присущая сплавам на основе CuAu хрупкость в упорядоченном состоянии. Дальнейшее повышение прочностных свойств получено за счет формирования субмикроструктурной структуры при фазовой перекристаллизации. Это прежде всего материалы для слаботочных скользящих контактов. В результате достигнуты значения предела текучести  $\sigma_{0,2}$  золотомедного сплава на уровне 1000–1200 МПа, временное сопротивление разрушению  $\sigma_b$  составило ~1500 МПа с сохранением электросопротивления, близкого к таковому чистых металлов.

Созданы новые высокопрочные контактные сплавы на основе палладия с содержанием золота не более 18–20 мас. %. Разработаны новые ювелирные спла-



На конференции «Динамика дислокаций», Харьков, 1967 г.



За микроскопом



С родителями  
Иваном Андреевичем и Анастасией Федоровной

вы на основе золота и палладия с улучшенными литейными и антикоррозионными свойствами.

Применение новых сплавов с упорядоченной структурой потребовало пересмотра технологических решений при производстве изделий. В то время наиболее широко применялась технология заливки пластиком всей конструкции контактного узла с последующей проточкой на токарном станке. Нужно было вернуться к сборной конструкции контактных узлов. Инженерами на производстве это воспринималось как шаг назад, но только так можно было реализовать все преимущества атомно-упорядоченных сплавов. Нетрудно представить, как были настроены против этого новшества инженеры-конструкторы. Но настойчивость и убежденность позволили Валентине Ивановне преодолеть и эти препятствия.

Валентина Ивановна обладала самым ценным в науке даром: она была генератором идей, была способна поставить задачу исследования. Руководила мужским коллективом, тип личности мужской. Ярко выраженный холерик. Совершенно исключено нейтральное взаимодействие с окружающими: либо друг, либо враг. Для нее было характерно представление о полноте жизни как о полной самоотдаче. Цена достижения цели, в том числе лично для себя, для нее не имела значения. Пощады – никому! Спуску – никому! Такая максималистская жизненная позиция зачастую приводила к непростым отношениям с сотрудниками института. Ей всегда была чужда какая-либо подковерная возня. Она никогда не занималась подсиживанием или распусканием сплетен. К сожалению, не все понимали, а тем более поддерживали ее в этом.

Валентина Ивановна никогда не стремилась к административной работе. И хотя временами говорила – «Дайте мне этот институт, я знаю, чем занять

всех его сотрудников, идей на всех хватит», – она всегда имела в виду научную, а не организационную сторону дела. Всегда с готовностью приходила на помощь друзьям в любых делах – и научных, и личных.

Неформальный коллектив, сложившийся под руководством Валентины Ивановны, решал весьма многочисленные задачи заводов самых разных министерств, поскольку использование слаботочных скользящих контактов, работающих без смазки, в технике было весьма широким. Разработка сплавов проводилась в тесном контакте с приборостроительными заводами в Бердске, Уфе и Удан-Удэ, с Ленинградским оптико-механическим объединением (ЛОМО), с заводами в Раменском (Московская обл.) и Арзамасе (Горьковская обл.), поскольку сплавы для скользящих электрических контактов применяются как в системах ориентации самолетов и крылатых ракет, так и для реакторного машиностроения. Заказчики работали на оборону страны и, как бы сейчас ни хаяли это время, все кто занимался контактами, были горды тем, что способствуют укреплению обороноспособности страны.

Эта работа является редким примером научного исследования, которое начиналось и в течение длительного времени выполнялось как чисто академическое. В рамках этого исследования было достигнуто глубокое понимание физической природы явлений, которое позволило направленно формировать структурное состояние сплава, однозначно задавая уровень его физико-механических свойств. Результатом стало широкое внедрение в промышленность нового класса сплавов. Это удается довольно редко.

В заключение надо отметить, что Валентина Ивановна подготовила девять кандидатов наук, при защите шесть



В.И. Сюткина, Н.Н. Сюткин.  
Семья и годы

докторских диссертаций была консультантом, имеет 15 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Автор 130 печатных работ, в том числе монографии «Новые методы упрочнения упорядоченных сплавов» (в соавторстве с Б.А. Гринберг).

Основные жизненные вехи: кандидат физико-математических наук, (1967 г. защитилась без аспирантуры как соискатель), доктор технических наук (1983 г.), профессор по специальности (1998 г.), награждена отличительным знаком «Изобретатель СССР» (1980 г.), орденом «Знак Почета» (1983 г.), медалью «Ветеран труда» (1984 г.), грамотами Президиума РАН, является лауреатом областной премии ВОИР (1980 г.).

*Н.Н. Сюткин*

### Список литературы

1. Гринберг Б.А., Сюткина В.И. Новые методы упрочнения упорядоченных сплавов. М.: Metallurgy, 1985. 174 с.
2. Патент № 2061978, Бюллетень изобретений 1996, № 16, С. 263 // Руденко В.К., Сюткина В.И., Зеленин Л.П., Сюткин Н.Н. Способ изготовления контактной пары для слаботочных скользящих контактов.
3. Патент № 2083717, Бюллетень изобретений 1997, № 19, С. 337 // Голикова Н.Н., Сюткина В.И., Руденко В.К. Способ изготовления материала для слаботочных контактов из упорядоченного сплава на основе палладия.
4. Патент № 1235618, Бюллетень изобретений 1999, № 24, Ч. 2, С. 366 // Голикова Н.Н., Сюткина В.И., Тимофеев Н.И., Ермаков А.В. Сплав белого золота.
5. Патент № 2156824, Бюллетень изобретений 2000, № 27, Ч. 2, С. 276 // Ермаков А.В., Тимофеев Н.И., Голикова Н.Н., Сюткина В.И., Бояршинова Т.С., Горских Т.С. Сплав на основе золота белого цвета 585 пробы.

---

## Лель Вениаминович СМИРНОВ

Л.В. Смирнов является основателем отдела прецизионной металлургии (ОПМ) Института физики металлов УрО РАН.

В 1948 г. он окончил металлургический факультет УПИ им. С.М. Кирова по кафедре «Металлургия стали» и начал трудовую деятельность заместителем начальника литейного цеха, а затем поступил в аспирантуру к В.Д. Садовскому. Его специальность инженер-металлург как никогда кстати пришлось институту, в котором интенсивно развивались научные и прикладные исследования по созданию новых сталей, сплавов и соединений. Большую потребность в таких материалах испытывали лаборатории под руководством В.Д. Садовского, В.А. Павлова, Н.Н. Буйнова, Н.В. Волкенштейна и др. Будучи аспирантом и выполняя научную работу, Л.В. Смирнов параллельно занимался созданием производственного подразделения, способного удовлетворить потребность в материалах для исследований. Через пять лет он защитил диссертацию, а через семь лет институт имел уникальную производственную базу – отдел прецизионных сплавов, способный осуществлять любые металлургические переделы.

Со временем отделу выделили несколько производственных площадок. В нынешнем здании прецсплавов установили дефицитные тогда индукционные печи открытой плавки для литья слитков массой от 0.5 до 25.0 кг. Там же на некоторых печах можно было осуществлять вакуумные плавки. В то же время приобрели и запустили в эксплуатацию парк немецких печей для термической обработки и обжига материалов. Гордостью отдела стала немецкая вакуумная дуговая печь, которая решила проблему получения сплавов на основе химически активных металлов, тугоплавких и редкоземельных элементов. Таких печей в стране были единицы. Даже Свердловский завод ОЦМ не имел подобного оборудования и пользовался услугами отдела. Некоторые установки изготовлены силами

---





В.Д. Садовский, Л.В. Смирнов, Е.Н. Соколов



Л.П. Отрошко, Л.В. Смирнов



Н.А. Компанейцев, А.Ф. Карташова, Л.В. Смирнов,  
Л. Лежнин

таких сотрудников отдела как Г.И. Зайцев, Л.П. Отрошко, Г.М. Филончик, А.В. Чулков, Н.Г. Галимзянов.

В дальнейшем отдел занял почти все площади здания прецсплавов и разместил оборудование в помещениях техблока, здании гидроэкструзии и копрусе «А».

В техблоке было организовано кузнечно-прокатное отделение, включающее в настоящее время два ковочных молота (один запасной, установленный в 2011 г.), два прокатных стана (один запасной), машина ротационной ковки, волочильный стан, печи для нагрева и термообработки сталей с последующей закалкой в водяной, масляной и солевой средах.

В здании гидроэкструзии, помимо специальных печей типа СШВЛ (сопротивления, шахтная, вакуумная, лабораторная), запустили в эксплуатацию вакуумную индукционную печь, изготовленную на основе совместной разработки отдела и Всесоюзного НИИ электротермического оборудования (ВНИИЭТО, г. Москва), которая должна была стать базовой моделью в программе создания научного приборостроения. На этой печи началось массовое производство сверхсильных магнитов для лаборатории ферромагнетизма.

Одновременно с оснащением отдела оборудованием формировался коллектив, способный к решению чрезвычайно разнообразных задач по выплавке новых сплавов. Организация плавок зачастую требовала в полной мере разработки технологии силами отдела, поскольку ранее такие материалы никто не получал и не удавалось опереться на опыт предшественников. Все это требовало ежедневного внимания руководителя отдела Л.В. Смирнова и во многом обеспечивалось его эрудицией.

Особо хотелось бы отметить большую роль Л.В. Смирнова в обеспече-

нии лабораторий института образцами металлов и сплавов в монокристаллическом состоянии. Такие образцы позволяют на принципиально новом уровне решать задачи физического эксперимента. Острая потребность исследователей привела к созданию в отделе оборудования для получения монокристаллов разных материалов и назначения. Л.В. Смирнов вкладывал в это дело не только свои знания металлурга и талант организатора, но и частицу души. Сначала были успешно созданы и активно использовались самодельные установки, разработанные на основе печей сопротивления и индукционного нагрева. Правда, в 1960-е гг. отдел приобрел и установил в главном корпусе грандиозную двухкамерную печь, позволявшую получать металлические монокристаллы диаметром до 100 мм. Но после выселения из главного корпуса, где печь возвышалась на два этажа, для нее не удалось найти подходящего помещения и печь в последствие списали.

Для получения монокристаллов тугоплавких металлов отдел совместно с экспериментальным цехом института изготовил электронно-лучевую установку. Этим занималась инициативная группа в составе Е.П. Романова, Н.Г. Галимзянова, М.Г. Кожухова, Е.А. Вебера. Оборудование для направленной кристаллизации и получения монокристаллов металлов, сталей, сплавов и соединений методами Бриджмена, Чохральского, индукционной и электронно-лучевой зонной плавки, а также для выращивания монокристаллов при рекристаллизации в отделе было создано в течение трех-четырех лет. В результате лаборатории института получили возможность проводить исследования на современном мировом уровне. И только в 1970 – 1980 гг. годах отдел наконец был оснащен заводскими установками для направленного роста металлических материалов типа «Кристалл» и «Редмет».



За микроскопом



В споре рождается истина



С китайскими коллегами, 1959 г.

Стоят: Н.П. Чупракова, К.К. Никипелова, Г. Баруздин, Л.В. Смирнов; сидят: С.Н. Петрова, А.Ф. Карташова, В.Д. Садовский

Известно, что никакое металлургическое производство не может существовать без химического анализа металлоизделий. Поэтому по инициативе Л.В. Смирнова при отделе была организована химико-аналитическая группа, в которую вошли специалисты с университетским и институтским образованием. Возник по сути исследовательский коллектив, поскольку непрерывно возникала необходимость в разработке своих собственных методик определения содержания какого-либо элемента в новых сплавах, компоненты которых сплавлены в неожиданных, далеких от стандартных составов сочетаниях. Группа была оснащена приборами для количественного и спектрального анализов. Численность группы достигала шести-семи сотрудников. В то же время на металлургическом производстве было занято до 30 человек, из них непосредственно выплавку, ковку, прокатку и термообработку материалов осуществляли примерно 20 сотрудников. Фактически в составе института работал свой плавильный цех. Причем выполняли заказы не только подразделений института, но и разных предприятий и организаций города, области, страны.

Можно с уверенностью сказать, что на то время в стране не было подобной уникальной металлургической лаборатории.

У Л.В. Смирнова была удивительная способность подбирать сотрудников, создавать коллектив. Все, кто приходил к нему работать, оставались надолго, несмотря на материальные трудности и часто социальную незащищенность плавильщиков, кузнецов, химиков, лаборантов. Эти люди не просто были увлечены одной целью и работали вместе, они дружили. И отдел становился для них одной большой семьей.

Одновременно с созданием металлургической базы в отделе начал складываться научный коллектив и появилась научная тематика. Этому весьма способствовало тесное сотрудничество сначала группы, а в дальнейшем отдела с лабораторией физического металловедения, которую возглавлял В.Д. Садовский, считавший Л.В. Смирнова любимым учеником, талантливым исследователем, перспективным научным сотрудником. Такие же тесные научные связи установились и с другими лабораториями института.

Прежде всего в отделе стали активно исследовать предложенный Л.В. Смирновым с соавторами новый способ повышения эксплуатационных свойств конструкционных сталей, названный впоследствии высокотемпературной термомеханической обработкой (ВТМО). Способ оказался простым и доступным технологически и позволял значительно экономить ресурсы предприятий и снижать металлоемкость изделий. Итогом этих исследований стали защиты нескольких диссертаций, получение авторских свидетельств, издание монографии. В 1989 г. Л.В. Смирнову с соавторами за эту работу была присуждена Государственная премия СССР.

Лелю Вениаминовичу принадлежит открытие влияния сильного магнитного поля на фазовые превращения в сталях и сплавах. Экспериментальная часть этих исследований была начата в лаборатории электрических явлений и продолжена в отделе прецсплавов под руководством Л.В. Смирнова. Особый интерес Л.В. Смирнов проявлял к развитию исследований по термомеханомагнитной обработке, применяя которую, можно было получить высокопрочные стали. Результаты этой работы отражены в монографии «Закалка стали в магнитном поле».

Под руководством В.Д. Садовского и Л.В. Смирнова сотрудником отдела Д.П. Родионовым выполнена уникальная научная работа по исследованию



С Виссарионом Дмитриевичем Садовским



В ритме танца с Е.С. Самойловой

свойств стальных монокристаллов. В отделе впервые были получены монокристаллы конструкционных сталей, которые позволили установить новые данные о механизме мартенситного превращения в среднеуглеродистых сталях, понять природу явления обратимой отпускной хрупкости (ООХ) легированных сталей, изучить механизмы разрушения закаленных сталей. Без участия и поддержки Л.В. Смирнова невозможно было бы проведение исследований, обобщенных в 1996 г. Д.П. Родионовым и В.М. Счастливым в монографии «Стальные монокристаллы».

Л.В. Смирнов всегда уделял большое внимание связям с производством и считал такую работу важной, привлекая в исследовательскую деятельность отдела новые задачи. Обширной была хозяйственная тематика отдела. Она распространялась на предприятия Москвы, Ленинграда, Кирова, Самары, Барнаула, Иркутска, Кургана, Владикавказа, не говоря уже о предприятиях области.

Так, отдел активно сотрудничал с предприятием ВНИИГАЗ. Выяснялись причины аварий на газотурбинных установках (ГТУ). В результате был разработан способ повышения долговечности и надежности работы ГТУ перекачивающих агрегатов.

Подобную работу отдел позднее выполнял с НПО «Сатурн» им. А.М. Люльки, г. Москва. Она была связана с совершенствованием технологии получения и исследованием свойств монокристаллических турбинных лопаток из жаропрочных никелевых сплавов для авиационных двигателей. Совместно с заводскими сотрудниками удалось оптимизировать металлургические режимы и существенно увеличить длительную прочность турбинных лопаток.

В результате хозяйственной деятельности в отделе прецсплавов разработаны новые композиции контактных материалов для электротранспорта, новые сплавы для рабочего и вспомогательного слоев магнитных дисков, для поляризующих покрытий нейтропроводов. Для заказчиков были синтезированы и прошли испытания на ГТУ комплексные жаростойкие покрытия. В отделе была создана технология выплавки сплавов сложного состава для электрохимических датчиков кислорода; технология выплавки и пластической деформации сплавов для стоматологии; усовершенствована технология изготовления и термической обработки стальных крупногабаритных поковок.

Часть исследований в отделе была связана с обороной. Сотрудниками отдела выполнена большая программа по изучению структуры сталей, используемых для производства боеприпасов. В 1989 г. за выполнение работ по специальной тематике Л.В. Смирнову была присуждена премия Совета министров СССР.

Трудовая деятельность Л.В. Смирнова отмечена орденом «Знак Почета», медалями, почетными грамотами. Он имеет много авторских свидетельств.

Знавшие Леля Вениаминовича сотрудники хранят в памяти образ талантливого, обаятельного, общительного, доброжелательного и душевного человека. Он был жизнерадостным и остроумным собеседником.

Лель Вениаминович Смирнов оставил институту большое прикладное и научное наследство.

*Ю.Н. Акшенцев*

### Список литературы

1. Смирнов М.А., Петрова С.Н., Смирнов Л.В. *Высокотемпературная термомеханическая обработка и хрупкость сталей и сплавов.* М.: Наука, 1991. 167с.

---

ЛЮДИ  
И  
РАЗРАБОТКИ

---



---

# СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ

## исследований структурных и фазовых превращений в Институте

---

История становления и развития исследований структурных и фазовых превращений в Институте физики металлов Уральского отделения РАН неразрывно связана с историей создания и становления самого института. В 2012 г. Институту физики металлов (ИФМ), самому крупному институту УрО РАН, исполняется 80 лет. Как известно, определил его возникновение приказ директора Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ) академика А.Ф. Иоффе о выделении группы сотрудников организуемого Уральского физико-технического института (УралФТИ) с переводом их на самостоятельный бюджет с 1 января 1932 г. Уже в этом приказе исследования фазовых превращений были сформулированы как приоритетные в ряду основных направлений его научной деятельности (магнитные и электрические явления, фазовые превращения, пластическая деформация в металлах и сплавах, электронография), так и, что очень символично, назначен первый «звездный» состав сотрудников института [1, 2]. В 1932 г. в группу по изучению фазовых превращений в сплавах были включены Г.В. Курдюмов, А.П. Комар, Я.И. Френкель, И.В. Исаичев; чуть позже, в 1934 г., в нее зачислили М.А. Блохина, А.М. Елистратова, в военное время, в 1942 г., в числе сотрудников появились А.А. Смирнов (с 1932 г. работавший в УралФТИ, а в будущем вице-президент АН УССР) и С.Д. Герцрикен. Группу электронографии в 1932 г. возглавил В.И. Архаров [1]. Все они стали в последующем известными советскими учеными, определившими заметное развитие отечественной и мировой науки в области физики металлов и сплавов, фазовых превращений и материаловедения, физических и структурных методов исследований.

Длительное время (вплоть по 1948 г.) руководство исследованиями фазовых превращений в УралФТИ осуществлял Антон Пантелеймонович Комар. Он родился в селе Березна Киевской губернии в 1904 г. в семье крестьянина-середняка, с 8 до 13 лет учился в сельской школе, а в 1917 г. поступил в гимназию города Белая Церковь, преобразованную затем в трудовую школу. Его полностью самостоятельная жизнь началась с 16 лет. А.П. Комар был рабочим, сторожем, препаратором в физическом кабинете Белоцерковского механического техникума,



Первый заведующий лабораторией фазовых превращений академик АН УССР А.П. Комар

освоил профессию оптика, мастера по точным оптическим приборам. В 1930 г. после окончания Киевского политехнического института он поступил в аспирантуру по физике. Пробыв год аспирантом в Институте физики в Киеве, А.П. Комар перевелся в аспирантуру ЛФТИ в Ленинграде, после окончания которой в 1932 г. его приняли в сотрудники Уральского физико-технического института. Отметим, что жена А.П. Комара, Ася Львовна, стала заведующей библиотекой УФАНа.

Уже в 1935 г. А.П. Комару была присвоена ученая степень кандидата физико-математических наук, а степень доктора физико-математических наук и звание профессора он получил в 1943 г. В 1948 г. он был избран действительным членом АН Украинской ССР. За этот период менялись не только названия и ведомственная принадлежность Института, но и его структурных подразделений. Созданная в 1932 г. группа по изучению фазовых превращений в сплавах в 1934 г. трансформировалась в сектор, а в 1936 г. – в лабораторию фазовых превращений, практически сохраняя это наименование под руководством А.П. Комара вплоть до 1948 г.



Члены библиотечного совета УФАНа: С.В. Вонсовский, А.Л. Комар, В.Д. Садовский, В.И. Архаров (сидят) и работники библиотеки УФАНа (стоят)

А.П. Комар, выдающийся ученый и организатор, в значительной степени определил становление научных направлений лаборатории – это металлофизика, фазовые и структурные превращения, физические и структурные методы исследования. В штате института он прошел путь от инженера (1932 г.), заместителя начальника группы (1932 – 1933 гг.), заведующего сектором изучения механизма фазовых превращений (1933 – 1935 гг.), до заведующего лабораторией фазовых превращений (1936 – 1948 гг.). В эти годы в Свердловске не только формируется и развивается материально-техническая база института, ставятся фундаментальные исследования, но прежде всего организуется самое тесное сотрудничество с промышленными предприятиями и вузами Урала, в которых многие его сотрудники преподавали. Десять лет А.П. Комар руководил созданными им кафедрой рентгеноструктурного анализа и рентгеновской лабораторией Уральского государственного университета (1937 – 1947 гг.). По воспоминаниям ученика А.П. Комара Николая Николаевича Буйнова, лекции Антона Пантелеймоновича всегда были насыщены новыми сведениями из области фундаментальной науки и техники и увлекали студентов. Он ежедневно посещал научную библиотеку и всегда интересовался самыми последними достижениями в науке, а на студентов производил большое впечатление своим живым умом и энергией.

В 30-е гг. прошлого века на Урале бурно развивалась машиностроительная и металлургическая промышленность. Требовался технический контроль изделий в промышленности и повышение их качества. Под руководством А.П. Комара в предвоенный период разрабатываются и запускаются установки по промышленной рентгенокопии на уральских заводах Уралмаш, Турбомоторном, Уралхиммаш, УАЗ; Горьковском заводе № 197 им. В.И. Ленина и многих других. На ряде предприятий по его инициативе были организованы заводские научно-исследовательские лаборатории.

Большое внимание А.П. Комар, безусловно, уделял разработке рентгеновских методов фазового и структурного анализа и их использованию в научных металлофизических исследованиях. Начиная с 1936 г. в штаты УралФТИ, уже полностью развернутого в Свердловске, активно принимали молодых специалистов, в том числе выпускников Свердловских вузов. Так, в 1937 г. после окончания Уральского госуниверситета в лабораторию фазовых превращений был зачислен Николай Николаевич Буйнов (1909 г.р.). Первая научная работа, выполненная в лаборатории и составившая ядро его будущей кандидатской диссертации, была посвящена изучению процессов атомного упорядочения в сплавах благородных металлов на основе Au – Cu рентгенографическим методом. В те времена экспериментальные методики научные сотрудники создавали своими руками. Н.Н. Буйнову пришлось самому сконструировать и собрать установку для рентгеноструктурного анализа, включая изготовление самодельной разборной рентгеновской трубки. В 1943 г. он под руководством А.П. Комара успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Рентгенографическое исследование степени дальнего порядка в сплавах Au-Cu», результаты которой стали классическими и заложили мощное научно-техническое направление по разработке электроконтактных материалов, до сих пор развиваемое его учениками и последователями в ИФМ. В этом же году докторскую диссертацию успешно защитил А.П. Комар [1]. Важно отметить, что в обсуждении результатов экспериментальных исследований, полученных в лаборатории в те годы, активно участвовали физики-теоретики, работавшие



Н.Н. Буйнов

в УралФТИ, – Вадим Евгеньевич Рудницкий и Адриан Анатольевич Смирнов.

А.А. Смирнов после репрессий против С.П. Шубина вплоть до начала войны был исполняющим обязанности заведующего теоретическим отделом УралФТИ, а после возвращения с фронта по ранению в 1942 – 1949 гг. стал одним из ведущих научных сотрудников лаборатории фазовых превращений. Теоретическим исследованиям процессов атомного упорядочения в сплавах, начатым еще в 1930-е гг., А.А. Смирнов после отъезда в Киев посвятил всю свою научную деятельность, возглавляя кафедру теоретической физики Киевского политехнического института (1950 – 1957 гг.), затем Киевского университета (1955 – 1962 гг.), являясь членом Президиума АН УССР (1963 – 1965 гг.), вице-президентом АН УССР (1970 – 1974 гг.), главным редактором Украинского физического журнала (1972 – 1988 гг.).

В предвоенные, военные и первые послевоенные годы наряду с выполнением собственных фундаментальных научных исследований и защитой диссертационных работ А.П. Комар и Н.Н. Буйнов с сотрудниками принимали непосредственное участие в разных физико-технических исследова-

ниях. Самую высокую оценку ученых металлургов получили результаты в области совместного с профессором Г.И. Чуфаровым изучения металлургических процессов. Под руководством А.П. Комара был разработан и широко использовался метод рентгеноспектрального анализа химического состава разных руд при их обогащении и проводились серьезные работы по созданию фильтров, обеспечивающих разделение радиоактивных изотопов, для нужд новой только зарождающейся ядерной физики и техники атомной промышленности. Совместно с В.Д. Садовским и К.А. Малышевым создавались разные способы упрочнения сталей и металлических сплавов и получения на них металлических покрытий, которые в том числе послужили основой для создания на уральских заводах танковой брони и бронебойных снарядов.

Военный период был особым и в организационной жизни института. Еще в 1939 г. УралФТИ переводят из Наркомата черной металлургии в систему АН СССР, в состав ее Уральского филиала. Реорганизованный Институт металловедения, металлофизики и металлургии УФАН СССР просуществовал с 16 июня 1939 г. по 15 сентября 1943 г., а затем с 16 сентября 1943 г. по 25 июля 1945 г. он носил название Института металлофизики и металлургии УФАН СССР. В этот период в состав ученого совета и самого института входили известные советские ученые, действительные члены и члены-корреспонденты АН СССР А.А. Байков, И.П. Бардин, Э.В. Брицке, А.Ф. Иоффе, И.К. Кикоин, М.В. Луговцев, Д.М. Чижиков, Л.Д. Шевяков, Я.И. Френкель, ведущие ученые и руководители института В.И. Архаров, С.В. Вонсовский, С.Д. Герцрикен, Н.В. Деменев, А.П. Комар, К.А. Малышев,

В.Д. Садовский, Г.И. Чуфаров, Я.Ш. Шур, М.В. Якутович, Р.И. Янус и ряд других. С 25 июля 1945 г. институт получил наименование Института физики металлов Уральского филиала АН СССР. К слову отметим, что в 1958 г. институт из состава УФАНа был передан в прямое подчинение АН СССР, а с 1971 г. – введен в состав Уральского научного центра АН СССР, в 1987 г. переименованного в Уральское отделение АН СССР, впоследствии с 1991 г. ставшее Уральским отделением РАН.

Уже после Великой Отечественной войны в 1946 г. для расширения возможностей рентгеновской просвечивающей дефектоскопии по инициативе и под руководством А.П. Комара в ИФМ было начато создание первого в СССР бета-трона. В этой работе принял активное участие Михаил Дмитриевич Мочалов, перешедший к тому времени из лаборатории механических свойств в лабораторию фазовых превращений. Благодаря инициативе А.П. Комара в 1947 г. в ИФМ под руководством Н.Н. Буйнова с помощью просвечивающей электронной микроскопии стартовал новый важный этап в развитии исследований структурных и фазовых превращений на Урале. В 1947 г. по распоряжению академика Ивана Павловича Бардина, бывшего одновременно председателем Президиума УФАНа и вице-президентом АН СССР, в институте был установлен просвечивающий электронный микроскоп марки EMI-2, фирмы «Radio Corporation», США. Это был один из двух электронных микроскопов, присланных из США и ставших первыми электронными микроскопами, появившимися в Советском Союзе. С них и началась эра электронной микроскопии в СССР.

Важность этого события и личный вклад Н.Н. Буйнова хорошо подчеркнуты в газете «Наука Урала» в статье, посвященной 80-летию Николая Николаевича Буйнова и написанной С.В. Вонсовским, Н.В. Волкенштейном и Р.Р. Романовой:

«Со времени появления первого электронного микроскопа началось развитие электронной микроскопии на Урале. Благодаря таланту ученого и организатора, беззаветно преданного науке, в кратчайшие сроки были освоены и развиты основные электронно-микроскопические методы исследования металлов, сплавов и химических соединений».

Основатели лаборатории А.П. Комар и Н.Н. Буйнов чувствовали и понимали силу новых структурных методов и поэтому по праву стали основоположниками развития методов рентгенографии, электронной микроскопии и промышленной рентгенооскопии на Урале.

В течение длительного времени EMI-2 на Урале был единственным работающим электронным микроскопом и в лаборатории всегда было много заказчиков из других институтов – геологов, химиков, металлургов, медиков. Уже тогда Н.Н. Буйнову, организовавшему и возглавившему группу электронной микроскопии (1947 – 1956 гг.), пришлось обеспечивать на образцах, предоставляемых пользователями, решение самых разных микроструктурных научно-исследовательских задач. При этом шло интенсивное освоение методов и техники электронной микроскопии и электронографии, решались теоретические вопросы природы и интерпретации контраста на электронно-микроскопических изображениях и конкретные задачи по пробоподготовке образцов самых разных материалов и их изучению. До сих пор в памяти ныне здравствующих сотрудников лаборатории

великолепные завораживающие изображения целых колоний туберкулезных бактерий и тех последствий, которые происходили после воздействия химических препаратов (эти работы велись совместно с профессором и будущим академиком И.Я. Постовским) или сажи из дымов металлургических печей.

Основная тематика работ, выполняемых под руководством А.П. Комара и Н.Н. Буйнова в те далекие годы, была очень разнообразной и включала пионерные фундаментальные исследования структуры, физических свойств, механизмов и кинетики старения в алюминиевых сплавах и атомного упорядочения в магнитных и немагнитных сплавах (альни, магнико, кунифе, сплавы Cu–Pd, Au–Cu, Au–Zn). Совместно с профессором М.В. Якутовичем начались микроструктурные исследования механизмов деформации алюминиевых сплавов. Вместе с профессорами В.Д. Садовским и К.А. Малышевым изучались особенности структуры и фазового состава сталей различных марок после термообработок. С профессором Н.В. Деменевым рассматривались структуры золотых, платиновых и палладиевых пленок, синтезированных на поверхности солей этих металлов при восстановлении водородом, с профессором Г.И. Чуфаровым были выполнены структурные анализы фаз, возникающих при восстановлении магнетита водородом, а с профессорами П.В. Гельдом и О.А. Есиным изучались кремнистые ферросплавы и дымовые налеты и возгоны сталеплавильных печей. Тесное сотрудничество и взаимодействие в комплексных междисциплинарных научных исследованиях всегда отличало коллектив ученых и инженеров института и всячески поддерживалось и укреплялось его лидерами.

Живой и насыщенной была научно-общественная жизнь института. Сотрудники лаборатории фазовых превращений были участниками многочисленных совещаний и семинаров по физике твердого тела. Их доклады неизменно вызывали интерес. В них часто высказывались и обосновывались новые оригинальные идеи. Это проявлялось и в названиях докладов, с которыми они выступали на научных собраниях УралФТИ или УФАНа. Так, только в 1945 г. на институтских научных собраниях А.П. Комар делал доклады на следующие темы: «Металлы в звездах»; «Ленин и современная физика»; «Возможности электронного микроскопа при исследовании металлов»; «Бетатрон». А на конференции УФАН, посвященной 220-летию РАН и проходившей с 10 по 15 мая 1945 г., он выступает с докладом «Русская физика и математика за 220 лет».

В 1948 г. А.П. Комар был избран в действительные члены АН УССР и переведен в Москву на должность заместителя директора Физического института имени П.Н. Лебедева АН СССР (1948–1950 гг.). В 1950 г. его назначают директором Ленинградского физико-технического института (1950–1957 гг.), а затем заведующим кафедрой ядерной физики Ленинградского политехнического института (1951–1969) и лаборатории рентгеновских и гамма лучей (1957–1963 гг.). В Ленинградском физтехе, в котором А.П. Комар начинал научную деятельность в качестве аспиранта, он сосредоточивается на работах по физике и технике ускорителей (бетатронов и синхроциклотронов), активно включается в ядерно-физические исследования. С его именем связано и строительство ядерного научного центра в г. Гатчина, где в 1963 г. он организовал и возглавил одну из крупнейших лабораторий физики высоких энергий ЛФТИ им. А.Ф. Иоффе (1963–1976 гг.).

После отъезда А.П. Комара из Свердловска лаборатория фазовых превращений претерпевала радикальные изменения и была расформирована. Группа



Сотрудники лаборатории фазовых превращений.  
Сидят: Н.В. Волкенштейн, С.К. Сидоров, Н.Н. Буйнов

электронной микроскопии под руководством Н.Н. Буйнова переведена в штат лаборатории физического металловедения, в составе которой она функционировала до 1956 г. Впоследствии в основном на базе лаборатории фазовых превращений и рентгеноструктурного анализа, организованной и ранее возглавляемой А.П. Комаром, возникли четыре лаборатории: возрождены лаборатории фазовых превращений (1956 г.), низких температур (1954 г.), рентгеноспектрального анализа (1958 г.) и создана лаборатория нейтронографии (1963 г.). Заведующими этими лабораториями стали его ученики и соратники: Н.Н. Буйнов, Н.В. Волкенштейн и С.К. Сидоров.

Лаборатория фазовых превращений вначале относилась к числу малочисленных лабораторий ИФМ. Так, в 1960 г. в лаборатории было всего 11 человек (к.ф.-м.н. Н.Н. Буйнов, к.т.н. Р.М. Леринман, М.Д. Мочалов, М.Ф. Комарова,

Л.И. Подрезов, Т.В. Щеголева, В.Г. Ракин, Р.Р. Романова, О.Д. Шашков, С.В. Сударева и А.В. Добромыслов). Возраст почти половины из них был до 30 лет. Основной тематикой лаборатории являлось изучение распада пересыщенных твердых растворов в алюминиевых и титановых сплавах. Исследования фазовых и структурных превращений в сталях и сплавах железа были выделены как одно из приоритетных направлений коллектива лаборатории физического металловедения (зав. лабораторией В.Д. Садовский).

Особенностью научно-исследовательской деятельности лаборатории фазовых превращений было наличие к этому времени в составе ее научного оборудования нескольких электронных микроскопов, и поэтому по-прежнему электронно-микроскопические исследования проводились не только в интересах лаборатории и института, но и всего Уральского региона. Поэтому часто ее еще называли лабораторией электронной микроскопии, в том числе помня о прежнем названии. В лаборатории очень хорошо был освоен метод оксидных и угольных реплик, что позволяло изучать морфологические особенности структуры – следы скольжения, состояние границ зерен, форму и размеры частиц на разных стадиях распада пересыщенных твердых растворов. Преимуществом такой методики пробоподготовки являлось и то, что можно было изучать большую поверхность материала, а расшифровка электронограмм обеспечивала фазовый микроанализ. С использованием этого метода исследованы многие особенности процессов старения цветных сплавов, а также механизмы их пластической деформации. Так, В.Г. Ракин установил, что деформация сплава Al–Cu осуществляется путем образования пачек тонких следов скольжения, и впервые обнаружил, что в сплавах, содержащих частицы второй фазы, происходит их растворение в полосах дислокационного скольжения.

В тот период в институте под влиянием идей профессора В.И. Архарова преобладала точка зрения, что толщина границ зерен составляет несколько микрометров. Однако электронно-микроскопические исследования показали, что это не так, и их толщина не превышает нескольких ангстрем. Столь важный экспериментальный факт с трудом завоевывал в сознании ученых свое место, так как у большинства сотрудников института еще не было ясного понимания того, насколько электронная микроскопия адекватно отражает реальную структуру рассматриваемых материалов. Повышение разрешающей способности и эффективности электронной микроскопии связано не только с совершенствованием собственно самих микроскопов, но и тем, что в середине 1960-х гг. в технике пробоподготовки для просвечивающей электронной микроскопии быстро происходил переход к использованию метода тонких фольг. В институте первые тонкие фольги были получены при изучении промышленных сплавов АЦМ и В95, и с этого момента метод начинает распространяться по различным лабораториям института.

Другим основным и важным методом изучения тонкой структуры стареющих сплавов был метод малоуглового диффузного рассеяния рентгеновских лучей. Присутствие зон Гинье-Престона (Г.П.) на самых ранних стадиях старения алюминиевых сплавов было впервые установлено перед началом второй мировой войны именно с помощью диффузного рассеяния, но активное изучение стареющих сплавов началось с середины 50-х гг. прошлого столетия. А. Гинье обнаружил присутствие на рентгенограммах сплава Al–Ag диффузных эффектов в виде «галло». Появление галло им было объяснено как следствие сложной струк-

туры сферических зон Г.П. в этом сплаве: наличия вокруг обогащенных серебром высокодисперсных выделений (называемых еще предвыделениями) обедненной оболочки – переходного слоя, в котором серебра было еще меньше, чем в окружающей матрице. В это время А.М. Елистратовым и независимо Н.Н. Буйновым с Л.И. Подрезовым были обнаружены асимметричные диффузные эффекты в виде «полумесяцев» вблизи ненулевых отражений на рентгенограммах стареющих сплавов. Это позволило А.М. Елистратову построить теорию рассеяния рентгеновских лучей с использованием принципа Бабинне. Предполагалось, что дифракционная картина, которая наблюдается на рентгенограммах стареющих сплавов  $Al-20\%Ag$  и  $Al-20\%Zn$ , является результатом совместного рассеяния (при амплитудах разного знака) на центральной серебрянной части зоны Г.П. и на «дырке» в матрице, занятой зоной Г.П.

В 1959–1960 гг. Н.Н. Буйнов вместе с Р.Р. Романовой осуществил исключительно красивый дифракционный эксперимент. Оказалось, что с помощью введения магния или цинка в сплав  $Al-20\%Ag$  гало можно было трансформировать в полумесяцы, и это полностью подтверждало взгляды А.М. Елистратова. Теория, разработанная А.М. Елистратовым, была математически строга и получила широкое распространение. Точку зрения, согласно которой зоны Г.П. окружены переходным обедненным слоем (так называемая трехфазная модель распада), вместе А.М. Елистратовым разделяли видные советские ученые того времени Ю.А. Багаряцкий, Ю.Д. Тяпкин, К.В. Чуистов, Р.А. Звинчук, Г.В. Клещев и др. В 1960-е гг. Н.Н. Буйнов был одним из основоположников применения данного метода диффузного рассеяния к изучению ранних стадий старения наряду с Гинье и Престоном, а у нас в стране с М.А. Елистратовым и Ю.А. Багаряцким. Завершением большого цикла работ Н.Н. Буйнова становятся диссертация на соискание доктора физико-математических наук «Распад пересыщенных твердых растворов» (1963 г.) и монография с тем же названием в соавторстве с Р.Р. Романовой. В 60-е годы успешно защищают под руководством Н.Н. Буйнова кандидатские диссертации сотрудники лаборатории Р.Р. Романова (1961 г.), В.Г. Ракин (1963 г.), О.Д. Шашков (1963 г.), А.В. Добромислов (1967 г.), Т.В. Щеголева (1968 г.), М.Ф. Комарова (1969 г.), В.А. Возилкин (1971 г.), Р.А. Караханян (1971 г.), Г.В. Павлова (1971 г.), С.В. Сударева (1971 г.).

В конце 1960 – начале 1970-х гг. в лабораторию приходит целая группа студентов, молодых научных сотрудников и аспирантов (Н.Н. Вяткин, Т.Л. Треногина, В.В. Глебов, Л.И. Кайгородова, В.Г. Пушин, А.Н. Уксусников, В.А. Бычков, О.А. Елкина, В.А. Ивченко, В.Д. Суханов, А.Н. Барановский, А.Б. Телегин, Ю.М. Устюгов, Е.Г. Федорова и др). Многие из них довольно быстро защищают кандидатские диссертации и формируют теперь уже четвертое поколение молодых специалистов лаборатории фазовых превращений. По-прежнему большое внимание в лаборатории уделялось работам в интересах ведущих отраслевых институтов и промышленных предприятий СССР: ВИЛС, ВИАМ, ЦНИИЧМ (Москва), ВСНПО (Верхняя Салда), Уралмаш, КУМЗ, оптико-механического и других заводов и институтов Урала и страны. Среди приоритетных можно назвать работы по созданию и изучению новых авиационных алюминиевых, никелевых и титановых сплавов конструкционного назначения, основанных на разных принципах легирования и способах обработки, разработке технологий термических и термомеханических обработок для улучшения эксплуатационных характеристик сталей и спла-

вов и ряд других практически важных прикладных исследований, в том числе в интересах военно-промышленного комплекса. Активно выполнялись и фундаментальные исследования.

Происходят дифференциация исследований по решаемым проблемам и структурирование коллектива на творческие группы: стареющих сплавов и сталей (Р.Р. Романова, А.В. Добромыслов, М.Ф. Комарова, В.В. Глебов, Р.А. Караханян, Л.И. Кайгородова, В.Г. Пушин, А.Н. Уксусников, В.В. Бычков, А.Н. Барановский, Ю.М. Устюгов), титановых сплавов (Р.М. Леринман, Г.В. Павлова, Т.Л. Треногина, О.А. Елкина), сверхпроводящих сплавов (В.А. Возилкин, С.В. Сударева), атомноупорядочивающихся сплавов (О.Д. Шашков, Л.Н. Буйнова, В.Л. Кривошейкина, В.Д. Суханов, Т.С. Бояршинова), автоэмиссионной микроскопии (Н.Н. Сюткин, Н.Н. Вяткин, В.А. Ивченко, Е.Г. Федорова). Нельзя не отметить тесное научное сотрудничество с лабораториями ИФМ: физического металловедения, механических свойств, высоких давлений, кинетических явлений, низких температур, прецизионных сплавов.

В лаборатории существенно расширяется и круг решаемых задач. В 1972 г. под руководством А.В. Добромysłова аспирантом В.В. Глебовым были поставлены и проведены новые эффектные дифракционные эксперименты на солях натрия и серебра, которые подтвердили иную двухфазную модель распада и отсутствие обедненного переходного слоя вокруг зон Г.П. Для этой цели использован твердый раствор на основе ионного соединения  $\text{NaCl} - \text{AgCl}$ . В нем на начальной стадии распада, также как и в сплаве  $\text{Al} - 20\% \text{Ag}$ , образуются зоны Г.П. сферической формы. Однако в отличие от сплава  $\text{Al} - \text{Ag}$ , имеющего ГЦК-решетку, это соединение имело атомно-упорядоченную структуру типа  $\text{NaCl}$ , поэтому значения структурной амплитуды рентгеновских лучей были различными для отражений с четными и нечетными миллеровскими индексами. Используя данное обстоятельство, авторам удалось сделать матрицу в сплаве  $\text{NaCl} - 17\% \text{AgCl}$  «прозрачной» в рентгеновских отражениях с нечетными миллеровскими индексами и «непрозрачной» в четных и в соответствии с этим получить на рентгенограммах разный тип диффузных эффектов. Интерпретация эксперимента появление гало связывала не с внутренней структурой зон Г.П., а с коллективным интерференционным рассеянием (его корреляцией) на ансамбле большого числа когерентных частиц. Понимая природу этого рассеяния, А.В. Добромыслов и В.В. Глебов осуществили следующий дифракционный опыт, трансформировав гало на рентгенограммах сплава  $\text{Al} - 20\% \text{Ag}$  в сплошное диффузное пятно в сплаве  $\text{Al} - 5\% \text{Ag}$  за счет уменьшения содержания серебра. По результатам выполненных работ В.В. Глебов в 1974 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. А экспериментальные данные были использованы и известным киевским физиком М.А. Кривоглазом для подтверждения правильности разработанной им теории диффузного рассеяния рентгеновских лучей на несовершенных кристаллах. В настоящее время можно считать, что на ранних стадиях распада в различных стареющих сплавах справедливы обе модели, как двухфазная, так и трехфазная, последняя для сплавов с когерентными частицами с «переходным искаженным слоем».

Мощную информативность метода диффузного рассеяния при изучении ранних стадий старения можно проиллюстрировать еще на одном примере рассеяния в виде двумерных эффектов. Природу их появления как эффектов формы

А.М. Елистратов связывал с образованием трещин вблизи пластинчатых метастабильных частиц в сплавах Ni-Be, Cu-Be и Al-Zn. Затем в 1967 г. Ю.Д. Тяпкин обосновал их присутствие на рентгено- и электронограммах появлением вокруг частиц в матрице моноклинных искажений. Позже, анализируя эти эффекты, А.В. Добромыслов их природу связал с наличием искажений и перестройкой внутренней структуры собственно в самих метастабильных, неизоструктурных с состаренной матрицей частицах.

Но все-таки в лаборатории все больше объем занимают исследования сплавов методами электронной микроскопии тонких фольг. Детально изучаются структурные и фазовые превращения, которые происходят в цветных сплавах на основе алюминия, титана, никеля, меди, в стареющих сплавах железа и сталей; влияние термообработки и пластической деформации на кинетику и механизмы распада, атомного упорядочения и мартенситного превращения.

В 1960 – 1970-е гг. работы Н.Н. Буйнова приобретают широкую известность. Появилась и получила дальнейшее развитие и признание в СССР созданная им в лаборатории фазовых превращений школа исследователей-микроструктурщиков. Как и А.П. Комар, Н.Н. Буйнов плодотворную научную деятельность всегда совмещал с активной научно-организационной и педагогиче-



Сотрудники лаборатории фазовых превращений в 1978 г. при обсуждении планов работ. Слева направо: А.Н. Уксусников, В.Г. Пушин, В.А. Возилкин, Н.Н. Сюткин, О.Д. Шашков, Р.Р. Романова



Участники всесоюзного совещания по старению в Курганово (Свердловская область)

ской работой, читая лекции на физико-техническом факультете Уральского политехнического института. Длительное время он являлся координатором совместных усилий ученых нашей страны по актуальным вопросам старения сплавов, организатором всесоюзных совещаний по стареющим сплавам и бессменным председателем их оргкомитетов, представлял эту тематику и в редколлегии всесоюзного научного журнала АН СССР «Физика металлов и металловедение». Н.Н. Буйнов и сотрудники лаборатории принимали самое активное участие во всесоюзных конференциях, посвященных фазовым превращениям и прочности; рентгеноструктурному анализу и электронной микроскопии. Н.Н. Буйнов входил в состав комиссий по электронной микроскопии и рентгенографии при АН СССР. Много сил за 47 лет научно-педагогической деятельности им было отдано подготовке научных кадров в области структурных и фазовых превращений. Среди его учеников доктора (О.Д. Шашков, Р.Р. Романова, А.В. Добромыслов, Н.Н. Сюткин, В.Г. Пушин) и кандидаты физико-математических и технических наук (В.А. Возилкин, Л.И. Кайгородова, Р.А. Караханян, М.Ф. Комарова, Г.В. Павлова, В.Г. Ракин, С.В. Сударева, В.Д. Суханов, А.Н. Уксусников, Т.В. Щеголева).

Интересно вспомнить, что еще в 1964–1965 гг. профессор Н.Н. Буйнов едва не покинул институт: руководство организуемого в Донецке нового научного центра и физико-технического института пригласило его возглавить лабораторию с предоставлением современного электронного микроскопа новейшей модифи-

кации и баллотироваться в члены-корреспонденты АН УССР. В письме президенту АН СССР академику Мстиславу Всеволодовичу Келдышу директор ИФМ Михаил Николаевич Михеев и его заместитель по науке академик Сергей Васильевич Вонсовский так описали данный факт из биографии профессора Буйнова: «Один из пионеров по применению электронной микроскопии в физике твердого тела в Советском Союзе наш сотрудник, доктор физико-математических наук, профессор Н.Н. Буйнов имеет ряд приглашений в институты, располагающие японскими микроскопами, и, видя бесперспективность наших экспериментальных возможностей, собирается уйти из института. Мы не видим возможностей удержать его от этого шага, ибо он вызван полной бесперспективностью в возможностях проведения структурных исследований на самом высоком уровне, которого нельзя достичь на устаревших моделях электронных микроскопов, которыми располагает наш институт. Как уход из института Н.Н. Буйнова, так и само отсутствие необходимой экспериментальной базы неблагоприятно сказывается на всем уровне структурных исследований в институте, которые нам крайне необходимы особенно сейчас, в связи с развертыванием работ по экструзии, сверхпроводящим и магнитным материалам». Тогда, в 1965 г. благодаря авторитету и результативным действиям дирекции ИФМ, спустя 20 лет после появления на Урале первого электронного микроскопа, в лаборатории фазовых превращений появился электронный микроскоп нового поколения JEM-150 (фирмы JEOL Ltd, Япония). Глубоко привязанный к лаборатории, институту, городу Н.Н. Буйнов позвонил председателю Донецкого научного центра АН УССР академику А.А. Галкину в Донецк и сообщил о своем отказе переезжать на Украину. А.П. Комар и Н.Н. Буйнов были активными пропагандистами дифракционных методов исследований и электронной микроскопии и многие годы культивировали принципы широкого распространения и коллективного использования этого дорогостоящего научного оборудования. Развитие данных методов на Урале связано с их именами в течение более 40 лет. В 1975 г. после ухода Н.Н. Буйнова с поста заведующего лабораторию фазовых превращений возглавляли Н.Н. Сюткин (1975–1981 гг.), О.Д. Шашков (1981–1994 гг.), В.Г. Пушин (1994–1996 гг.), А.В. Добромыслов (1997–2004 гг.).

Воплотились в жизнь идеи Н.Н. Буйнова в 1985 г., когда в институте на базе нового электронного микроскопа JEM-200CX (Япония) и нескольких других электронных микроскопов уже под руководством Владимира Григорьевича Пушина был организован Центр коллективного пользования научного оборудования «Электронная микроскопия» при УНЦ АН СССР взамен большого количества технически и морально устаревших приборов. Чтение лекций В.Г. Пушиным с 1982 г. по настоящее время вначале на физическом факультете УрГУ, а затем и на металлургическом факультете УПИ и проведение практических занятий по электронной микроскопии не только поддерживали образовательный уровень обучающихся студентов старших курсов данных факультетов в области применения физических и структурных методов исследования в современной физике и материаловедении, но и позволяли привлекать наиболее одаренных выпускников на работу в лаборатории. В 1999 г. центр стал также структурным подразделением ИФМ, а в 2003 г. введен в составе трех секторов (пробоподготовки, руководитель А.Н. Уксусников; просвечивающей микроскопии, руководитель Т.П. Криницина; сканирующей микроскопии, руководитель Н.Н. Куранова) в организуе-

мый Объединенный ЦКП ИФМ УрО РАН. В этом же году он был включен в сеть ЦКП Министерства образования и науки Российской Федерации, когда были выиграны первый, а затем и второй гранты Федеральной целевой программы, что позволило приобрести новый уникальный сканирующий электронный микроскоп Quanta-200. Вскоре по инициативе В.Г. Пушина благодаря активной поддержке директора ИФМ академика В.В. Устинова в центр приобретены еще два уникальных просвечивающих электронных микроскопа той же фирмы FEI Company (бывшей Philips), доукомплектуется сканирующий микроскоп Quanta-200 Pegasus.

В настоящее время ЦКП «Отдел электронной микроскопии» при ИФМ УрО РАН, укомплектованный уникальными современными просвечивающими и растровыми аналитическими электронными микроскопами (Теснаі G2 30, CM-30, Quanta-200 Pegasus FEI Company, Нидерланды; JEM-200 CX, JEOL-Ltd, Япония) с разнообразными функциональными возможностями, оборудованием для пробоподготовки, становится одним из наиболее оснащенных в России и Российской академии наук центров коллективного пользования уникальным высокоточным электронномикроскопическим оборудованием последнего поколения, современными методиками. В центре подготовлены высококвалифицированные специалисты, накоплен огромный практический опыт и обеспечиваются исследования фактически во всем Уральском регионе и далеко за его пределами. Он зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ как испытательная лаборатория, аккредитован на право проведения работ ФГУ «УралТест» (реестр №054052, внесен 28.07.2009), сертифицирован (свидетельство об аттестации МВИ №223.13.17.151/2009 выдано ГНМЦ ФГУП «УНИИМ» 28.08.2009), имеет 18 сертификатов от фирм-производителей оборудования FEI и EDAX. Кроме того, центр признан компетентным и включен в систему добровольной сертификации «НАНОСЕРТИФИКА» ОАО «Российская корпорация нанотехнологий». Для калибровки оборудования имеются стандартные образцы метрологического контроля, разработан ряд уникальных методик исследований. Все это позволяет осуществлять в центре в большом объеме как научно-исследовательские, так и экспертные работы в интересах заинтересованных организаций. Вместе с широким использованием аналитической просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии при комплексных структурных исследованиях всегда плодотворно применяются методы электроно- и рентгенографии, в том числе очень эффективный метод диффузного рассеяния, а также измерения физико-математических свойств.

Владение современной техникой и методами структурных исследований в значительной мере определило успешные защиты докторских и кандидатских диссертаций ведущими сотрудниками лаборатории по прорывным направлениям исследований фазовых и структурных превращений в цветных сплавах и сталях: стареющих (Р.Р. Романова, 1980 г., А.В. Добромыслов, 1985 г.), атомно-упорядочивающихся (О.Д. Шашков, 1978 г., Н.Н. Сюткин, 1985 г.), в подвергнутых интенсивной пластической деформации тугоплавких металлах (Р.А. Караханян, 1972 г.). Методы электронной микроскопии, диффузного рассеяния рентгеновских лучей и электронов были успешно применены В.Г. Пушиным в пионерных комплексных исследованиях для обнаружения, физического обоснования и классификации предмартенситных состояний, собственно мартенситных превращений и связанных с ними уникальных физико-механических свойств в ряде



Научный сотрудник лаборатории цветных сплавов Е.Б. Марченкова за просвечивающим электронным микроскопом Теснаі G<sup>2</sup>30, 2006 г.



Старший научный сотрудник лаборатории цветных сплавов Н.Н. Куранова и главный специалист отдела электронной микроскопии Н.В. Николаева за растровым электронным микроскопом Quanta 200 Pegasus, 2009 г.

метастабильных цветных сплавов и сталей, по результатам которых им были защищены диссертации на соискание ученых степеней кандидата (1978 г.) и доктора физико-математических наук (1989 г.).

Говоря подробнее о научной тематике последних 20–30 лет, нельзя не отметить, что основными в ряду разнообразных научных интересов коллектива сотрудников лаборатории фазовых превращений всегда были и остаются разработка перспективных цветных интерметаллических соединений, сплавов и сталей, исследования структурных и фазовых превращений в них, физико-механических (в том числе магнитных, электрических и сверхпроводящих) свойств и их взаимосвязи со структурой, изучение влияния высокого давления, пластической деформации и других экстремальных внешних воздействий на структуру, фазовые превращения и свойства материалов, разработка физических основ термической и термомеханической обработок стареющих и атомно-упорядочивающихся сплавов, рассмотрение предпереходных состояний, мартенситных переходов, выяснение возможностей совмещения и взаимовлияния фазовых превращений.

В 1978–1979 гг. три сотрудника лаборатории фазовых превращений перешли во вновь организуемые подразделения института: С.В. Сударева – в лабораторию интерметаллидов, а В.Г. Ракин и А.В. Добромислов – в отдел высоких давлений. С.В. Сударева продолжала заниматься структурными исследованиями сверхпроводящих сплавов, а позже в связи с открытием высокотемпературных сверхпроводников стала изучать структуру и свойства этих материалов, как и ранее другие сотрудники лаборатории (В.Г. Пушкин, А.В. Добромислов). В 1986 г. группа сотрудников лаборатории во главе с Н.Н. Сюткиным составила основу лаборатории полевой и ионной микроскопии во вновь организованном Институте электрофизики УНЦ АН СССР.

В период работы в отделе высоких давлений в фокусе научной деятельности А.В. Добромислова становится изучение влияния высокого гидростатического давления на особенности пластической деформации в основном ОЦК-металлов и их сплавов. Полученные им с сотрудниками научные результаты кратко можно сформулировать следующим образом:

- монокристаллы ОЦК-металлов, деформируемые при комнатной температуре, характеризуются разной пластичностью в зависимости от их ориентации, определена ориентационная граница их перехода из хрупкого состояния в пластическое;

- разрушение монокристаллов под действием давления характеризуется увеличением пластичности в результате затруднения образования трещин и их более медленного распространения;

- критическое напряжение сдвига монокристаллов молибдена зависит от величины нормальных напряжений для плоскости скольжения (211) и температуры; при низких температурах разрушение монокристаллов молибдена осуществляется сколом по плоскостям с низкими индексами Миллера, и для такого разрушения построена ориентационная зависимость действующей плоскости скола от угла  $\varphi = \varphi(\zeta)$ ;

- влияние гидростатического давления на геометрию скольжения монокристаллов кремнистого железа заключается в увеличении асимметрии скольжения;

- изменение пластичности поликристаллического молибдена и вольфрама в зависимости от величины давления при температурах деформации выше тем-

пературы хрупкопластического перехода ( $T_{хп}$ ) и ниже нее описывается степенной функцией вида  $\lambda(p) = k \cdot (p - p_{хп})^n$ , причем постоянная  $n$  не зависит от температуры деформации, а рост пластичности этих материалов при температурах деформации ниже их температуры  $T_{хп}$  начинается только после достижения критического давления пластичности  $P_{хп}$ ; величина этого давления зависит от разницы между температурой деформации и  $T_{хп}$  материала при атмосферном давлении; установлена аналитическая зависимость взаимосвязи  $T_{хп}$  и критического давления пластичности;

– прирост предельной деформации до разрушения молибдена и титана при разных давлениях линейно зависит от логарифма отношения скоростей деформации в диапазоне их изменения от  $10^0$  до  $10^{-4} \text{ с}^{-1}$ ; уменьшение скорости деформации под давлением при комнатной температуре приводит к существенному увеличению однородной деформации и при высоких давлениях способствует переходу молибдена и титана в сверхпластическое состояние при комнатной температуре.

В этот же период под руководством А.В. Добромыслова, по-прежнему сохраняющего интерес к фазовым превращениям, был инициирован и выполнен цикл работ по исследованию закономерностей фазовых переходов и формирования структуры в ОЦК-цирконии и большом числе его бинарных сплавов. Был выяснен структурный механизм образования в них  $\omega$ -фазы под действием высокого давления, определены габитусные плоскости реечного  $\alpha$ -мартенсита в цирконии. Показано, что образующаяся  $\omega$ -фаза наследует исходные морфологические формы реечного или пластинчатого мартенсита  $\alpha$ -фазы, при этом в сплавах с пластинчатой морфологией исчезают двойники превращения. Установлено, что  $\omega$ -фаза содержит два типа дефектов: линейные дефекты смещения рядов атомов  $[0001]_{\omega}$  и дефекты упаковки по плоскостям  $\{2110\}_{\omega}$ , неупорядоченно распределенные по кристаллу.

Обнаружено, что в сплавах системы Zr–Ti величина критического давления перехода  $\alpha$ -фазы в  $\omega$ -фазу меняется нелинейно: понижается при приближении к чистым компонентам и повышается в области средних составов. Предложен атомно-кристаллографический механизм перестройки кристаллической решетки при превращениях ( $\beta \rightarrow \alpha$  и  $\beta \rightarrow \omega$ ) с помощью представления о локализованных волнах смещений плотноупакованных рядов атомов. В циркониевых сплавах обнаружена орторомбическая  $\alpha''$ -фаза, установлены системы, в которых она образуется (Zr–Ta, Zr–Mo, Zr–W и Zr–Re), интервал химических составов, смещение границ перехода от гексагональной  $\alpha'$ -фазы к орторомбической  $\alpha''$ -фазе в область меньших концентраций легирующего компонента при переходе к металлам VI и VII групп Периодической системы элементов.

Также впервые была обнаружена  $\omega$ -фаза в сплавах систем Zr–W и Zr–Pt и установлены закономерности изменения минимальной концентрационной границы образования  $\omega$ -фазы с увеличением номера группы легирующего металла (в каждом периоде она первоначально уменьшается, а затем увеличивается). Образование  $\omega$ -фазы происходит при наименьшем содержании легирующего компонента в тех случаях, когда он имеет ГПУ-структуру (за исключением молибдена), а последующее увеличение этой концентрационной границы наблюдается, когда легирующий компонент имеет ГЦК-структуру. Среди исследованных систем наибольшую стабильность  $\omega$ -фаза имеет в сплавах системы Zr–Os. В системе

Zr–Pt обнаружено диффузное рассеяние нового типа, которое связано с решеткой  $\omega$ -фазы, а не  $\beta$ -фазы в отличие от других систем.

В сплавах Zr–Nb, Zr–Mo, Zr–Ru, Zr–Rh, Zr–Pd, Zr–Os определена концентрационная граница 100% сохранения при закалке  $\beta$ -фазы и для элементов V периода Периодической системы установлена закономерность ее изменения с увеличением номера группы легирующего металла: первоначально она уменьшается (до рутения), а затем увеличивается, так же как и минимальная концентрационная граница образования  $\omega$ -фазы. Изучено влияние эвтектоидного распада на формирование структуры сплавов в зависимости от номера группы легирующего металла. Была обнаружена метастабильная со-фаза в сплавах систем Zr–Fe и Zr–Co. Установлено, что скорость эвтектоидной реакции в бинарных сплавах циркония с переходными металлами IV периода увеличивается с возрастанием номера группы легирующего элемента. Показано, что образование бейнитных структур в циркониевых сплавах обусловлено влиянием эвтектоидного распада на полиморфное превращение. Предложен механизм бейнитного превращения на примере сплава Zr–Mn. Обнаружен новый тип реакции – метастабильный эвтектоидный распад в системах Zr–V и Zr–Cr. Установлено, что образование метастабильного эвтектоида закономерно в случае одновременного протекания в сплаве эвтектоидного распада и  $\beta \rightarrow \omega$ -превращения. По результатам данных работ были защищены диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Н.И. Талуц и Н.В. Казанцевой, опубликована монография и цикл научных статей.

С 80-х гг. прошлого века под руководством В.Г. Пушина совместно с томскими учеными (В.Н. Хачиным, А.И. Лотковым и др., СФТИ при ТГУ) начаты цикл оригинальных систематических исследований термоупругих мартенситных превращений и разработка металлургических основ создания интеллектуальных материалов с эффектами термомеханической памяти формы (ЭПФ) и прежде всего сплавов на основе никелида титана. Показано, что последние в данном классе материалов выделяются наиболее важными и подчас уникальными характеристиками, что делает их незаменимыми и обуславливает широкое, а в ряде отраслей (медицине, спецтехнике) исключительное практическое применение. Создан и детально исследован целый ряд двойных и тройных сплавов с низко- и высокотемпературными (вплоть до 1000 °С) ЭПФ. По материалам комплексных исследований сплавов с памятью формы были защищены одна докторская (В.Г. Пушин в 1988 г.) и пять кандидатских диссертаций (в 1994 г. Л.И. Юрченко по исследованию влияния легирования на структуру и фазовые превращения в сплавах Ni–Ti и Ni–Al, в 1995 г. Л.Ю. Ивановой по детальному изучению процессов старения в сплавах никелида титана, в 1997 г. С.Б. Волковой по синтезу и рассмотрению быстрозакаленных сплавов квазибинарной системы TiNi–TiCu, в 2003 г. Т.Э. Кунцевич по синтезу и исследованию быстрозакаленных сплавов бинарной и квазибинарных систем Ti–Ni, TiNi–TiFe, TiNi–TiCo, а в 2010 г. Н.Н. Курановой по изучению структурных и фазовых превращений и свойств сплавов на основе никелида титана, подвергнутых интенсивной пластической деформации), получен ряд патентов на изобретения в 32 странах мира, издано шесть монографий и опубликовано большое количество статей и докладов, в том числе с участием физиков-теоретиков В.В. Кондратьева и Ю.М. Устюгова, а также В.В. Попова, в составе лаборатории проработавшего с 1995 г. вплоть до его избрания за-

ведущим лабораторией диффузии в 2001 г., А.В. Королева, Л.Г. Коршунова, Н.И. Коурова, В.В. Макарова, А.В. Пушина и Н.А. Черненко. В лаборатории под руководством В.В. Попова проводились также работы по компьютерному моделированию диффузии и диффузионных фазовых превращений в сталях и сплавах.

В 90-е гг. прошлого века уже в составе лаборатории фазовых превращений А.В. Добромысловым и Н.И. Талуц был начат большой цикл работ по изучению фазового состава и структуры бинарных титановых сплавов. Были выяснены закономерности образования метастабильных и неравновесных фаз в закаленных и отпущенных бинарных сплавах титана с металлами I, V – VIII групп в зависимости от положения легирующего элемента в Периодической системе элементов. Обнаружена  $\alpha''$ -фаза в закаленных сплавах систем Ti–Os, Ti–Ir. Установлены границы областей существования  $\alpha''$ -фазы в закаленных бинарных сплавах титана с d-металлами I, V – VIII групп. Обосновано, что причиной, препятствующей образованию  $\alpha''$ -фазы в сплавах некоторых систем, является высокая скорость эвтектоидного превращения. Установлена зависимость критических температур  $M_{\alpha''}$  для бинарных титановых сплавов от положения легирующего элемента в Периодической системе элементов и изменения параметра кристаллической решетки метастабильной  $\beta$ -фазы от типа и концентрации легирующего элемента в сплаве. Найдена  $\omega$ -фаза в сплавах систем Ti–Rh, Ti–Os, Ti–Ir после отпусков при 400 °С. Показано, что стабильность  $\omega$ -фазы в бинарных титановых сплавах при отпуске в интервале температур 300–500 °С возрастает с увеличением концентрации легирующего элемента в сплаве и зависит от номера группы и номера периода легирующего элемента.

В середине 1990-х гг. в ИФМ начались работы по исследованию влияния ударных волн на высокоскоростную пластическую деформацию металлов в моно- и поликристаллах с разным типом кристаллической решетки. В рамках этих работ в лаборатории фазовых превращений изучались механизмы высокоскоростной пластической деформации в металлах с ГПУ-, ГЦК-, и ОЦК-структурами под действием сферически сходящихся ударных волн. Показано, что в монокристаллах ГЦК-меди как основные механизмы реализуется кристаллографическое и некристаллографическое скольжение, а образование ячеистой структуры зависит от ориентации монокристалла. При деформации вдоль направлений  $\langle 100 \rangle$  интенсивно формируется ячеистая структура, в то время как при деформации вдоль направлений  $\langle 110 \rangle$  она не образуется. При изучении высокоскоростной пластической деформации искусственно состаренного поликристаллического ГЦК-сплава Al – 4 мас.% Cu при используемом способе нагружения выяснено, что она осуществляется внутризеренным скольжением, а в средних и глубоких слоях образца – также путем образования полос локализованной по границам зерен деформации. Внутризеренное скольжение осуществляется неоднородно путем образования полос сдвига. Установлено, что при распространении микрополосы внутри нее происходит более медленное растворение тех частиц  $\theta'$ -фазы, для которых направление  $\langle 110 \rangle$ , лежащее в их плоскости, совпадает с направлением скольжения.

Обнаружено, что высокоскоростная пластическая деформация высокочистого ОЦК-железа в рассматриваемых условиях нагружения осуществляется скольжением, которое происходит главным образом в  $\varepsilon$ -фазе; пластическая деформация двойникованием, возможно, протекает только в  $\alpha$ -фазе до прихода основной волны пластической деформации. Вихревая структура формируется на ста-

дии распространения расходящейся ударной волны по границам зерен в результате распространения большого количества полос сдвига. Основными в монокристаллах ОЦК-ниобия являются дислокационное скольжение и образование вихревой структуры вследствие развития полос локализации деформации и одновременного образования и расширения внутренней полости.

В середине 1990-х гг. коллектив лаборатории становится одним из создателей и лидеров нового научного направления – получения объемных наноструктурных материалов различного конструкционного и функционального назначения на основе ряда цветных металлов, их сплавов и интерметаллических соединений (сплавов алюминия, титана, никеля, меди, марганца и других металлов, интерметаллидов Ti–Ni, Ti–Al, Ni–Al, Ni–Mn и др.). В основе разработанных способов их получения лежит использование структурных и фазовых превращений при экстремальных внешних воздействиях (сверхбыстрой закалке расплава, высоким давлением, предельно интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением, магнитном поле, облучении), сочетаемых с оптимальным легированием, традиционными термическими и термомеханическими обработками. Впервые получены и комплексно исследованы высокопрочные нанокристаллические стареющие алюминиевые сплавы (Л.И. Кайгородова, В.Г. Пушин, Д.Ю. Распосиенко), атомно-упорядочивающиеся сплавы (Л.Н. Буйнова, Н.В. Гохфельд, В.Г. Пушин), ряд сплавов и интерметаллических соединений на основе титана, никеля и алюминия (О.А. Елкина, Е.Б. Марченкова, В.Г. Пушин совместно с сотрудниками ИФМ, УрФУ, УГАТУ, БГУ).



Группа сотрудников лаборатории цветных сплавов, 2009 г.  
Слева направо: Л.И. Юрченко, В.В. Макаров, В.Г. Пушин, Д.Ю. Распосиенко, Н.Н. Куранова, Л.Н. Буйнова, Ю.М. Устюгов, Л.И. Кайгородова, А.Н. Уксусников, Н.В. Николаева, О.А. Елкина

Начиная с 1999 г., были также выполнены исследования закономерностей образования метастабильных и неравновесных фаз в бинарных сплавах на основе титана систем Ti–Ni, Ti–Cu, синтезированных методом интенсивной пластической деформации под высоким давлением, в зависимости от концентрации легирующего элемента, а позже и в синтезированных под высоким давлением сплавах на основе циркония. Показано, что с помощью кручения под высоким давлением можно осуществить синтез сплава нужного состава из исходных компонентов. Синтезированные бинарные сплавы систем Ti–Ni и Ti–Cu со стороны чистых элементов образуют пересыщенные твердые растворы на их основе в более широких областях, чем на равновесных диаграммах состояния. Показано, что синтезированные сплавы имеют наноструктурное состояние, а вблизи экваторных составов – аморфное. По результатам этой деятельности под руководством А.В. Добромыслова В.А. Елькиным была защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Из числа наиболее важных достижений многолетних пионерных работ сотрудников института, реализованных совместно с рядом научных коллективов (УГАТУ, МИСиС, ТГУ, ИМет РАН, ИФПМ СО РАН и др.), по созданию нового класса объемных наноматериалов с ЭПФ и осуществляющих их нанотехнологий отметим следующие:

- разработаны научные основы новых способов получения высокопрочных объемных наноструктурных материалов путем интенсивной многопроходной пластической деформации, сверхбыстрой закалки и их комбинаций с разными видами традиционной термической и термомеханической обработки;

- разработаны принципы наноструктурного и нанофазного упрочнения сплавов и одновременного повышения их пластичности, термомеханической, термо- и механоциклической долговечности, надежности, ЭПФ и других эксплуатационных характеристик;

- обнаружены явления аморфизации и разупорядочения сплавов и соединений, метастабильных по отношению к термоупругим мартенситным превращениям, и применены для получения высокопрочных наноструктурных и нанокомпозитных материалов;

- обнаружены и изучены явления передачи наноструктурного состояния и текстуры продуктам структурных и фазовых превращений и возможности создания материалов с ЭПФ с заранее заданной анизотропией свойств, в частности прочности, пластичности, эффективного модуля упругости, обратимой деформации превращения, эффектов памяти формы и сверхэластичности, магнитных свойств;

- обнаружен размерный эффект стабилизации в наноструктурных метастабильных сплавах с термоупругими мартенситными превращениями; исследована и выявлена его природа; данный эффект используется при разработке технологии упрочняющей и формообразующей термомеханической обработки для сплавов на основе никелида титана с ЭПФ;

- проведена классификация видов наноструктурного состояния, обоснованы структурные механизмы и режимы оптимизации конкретных технологических методов создания наноструктурных состояний в зависимости от назначения и практического использования материалов;

- обнаружены высокая износостойкость и эффекты аморфизации и наноструктурирования при трении в никелиде титана;

– исследована структура границ и субграниц нанозерен и определено их влияние на комплекс свойств объемных наноструктурных металлических материалов, обнаруженный барьерный эффект структурного и фазового зернограничного упрочнения используется для воздействия на структуру и свойства наноструктурированных сплавов;

– разработаны основы комплексного легирования сплавов с термо-, деформационно- и магнитоуправляемыми ЭПФ различного назначения, учитывающие особенности формирования наноструктуры и протекания фазовых превращений при последующем контролируемом охлаждении или нагреве.

В 2005 г. при реорганизации структуры в ИФМ УрО РАН под руководством доктора физико-математических наук профессора В.Г. Пушина создана лаборатория цветных сплавов при укрупнении лаборатории фазовых превращений частью лаборатории кристаллизацию. Она вместе с лабораториями механических свойств и физического металловедения входит в объединенный под научным руководством академика РАН В.М. Счастливцева отдел материаловедения (зав. отделом член-корреспондент РАН В.В. Сагарадзе). В состав новой лаборатории цветных сплавов была включена группа сотрудников лаборатории кристаллизации во главе с доктором технических наук Ириной Григорьевной Бродовой. Тематика этого небольшого, но сплоченного коллектива непосредственным образом соответствовала новому названию и направлениям деятельности лаборатории. Ранее, на протяжении нескольких десятилетий (с 1968 г.) научные исследования И.Г. Бродовой были тесно связаны с проблемой структурообразования в алюминиевых сплавах. Первые работы были выполнены под руководством заведующей лабораторией кристаллизации Владимира Олеговича Есина в тесном контакте с сотрудниками ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, которые в то время разрабатывали технологию получения профилированных изделий непосредственно из расплава по методу А.В. Степанова. Установленные в процессе эксперимента закономерности зарождения и строения двойниковых дендритов как особой формы роста структурной составляющей алюминиевых сплавов позволили улучшить качество поверхности сложных металлических профилей. По материалам этих исследований И.Г. Бродова защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в 1981 г.

Начиная с 1982 г. научные интересы группы были направлены на изучение взаимосвязи структуры и свойств алюминиевых сплавов в жидком и твердом состояниях. Эти работы проводились совместно с коллегами из УПИ и УрГПУ, изучающими структурно-чувствительные свойства металлических расплавов (Б.А. Баумом, П.С. Попелем, В.М. Замятым, О.А. Чиковой). До их начала практически отсутствовали опытные данные о строении жидких бинарных и многокомпонентных алюминиевых сплавов и его влиянии на кристаллизацию. На основании работ, проведенных по быстрой закалке расплавов, были установлены общие закономерности строения алюминиевых расплавов разного химического состава и подтверждена теория их микронеоднородного состояния. Эти работы имели особое практическое значение в связи с началом промышленного применения температурно-временной обработки расплава в качестве эффективной технологии регулирования структуры и улучшения свойств слитков и отливок. На этапе разработки технологических рекомендаций для заводов металлургического и машиностроительного профилей (КУМЗ, г. Каменск-Уральский, ВСМОЗ,



Группа сотрудников лаборатории цветных сплавов, 2012 г.  
В центре И.Г. Бродова, слева направо: И.Г. Ширинкина, В.В. Астафьев, А.П. Петрова, Т.И. Яблонских

г. Верхняя Салда, Турбомоторный завод, г. Екатеринбург) проводились совместные эксперименты с ведущими отраслевыми научно-исследовательскими институтами ВИЛС и ВИАМ. По результатам этих исследований были защищены три диссертации: И.В. Поленц (1992 г.) и Д.В. Башлыковым (2000 г.) на соискание ученой степени кандидата технических наук и И.Г. Бродовой (1995 г.) на соискание ученой степени доктора технических наук, а наиболее существенные результаты изложены авторами в трех монографиях, многих статьях и докладах.

Уже в составе лаборатории цветных сплавов группа И.Г. Бродовой в соответствии с новыми действующими темами лаборатории включается в изучение фазовых и структурных превращений в алюминиевых сплавах при интенсивной пластической деформации. Совместно с давним партнером лаборатории – коллективом УГАТУ (г. Уфа) был выполнен цикл работ по созданию в бинарных алюминиевых сплавах с тугоплавкими компонентами наноструктурных состояний кручением под высоким квазигидростатическим давлением. Установлен ряд новых экспериментальных данных о кинетике деформационного растворения алюминидов переходных металлов и формировании пересыщенных твердых растворов на основе

алюминия при интенсивной пластической деформации. Эти результаты составили основу защищенной в 2007 г. кандидатской диссертации И.Г. Ширинкиной.

Совместно с РФЯЦ-ВНИИТФ И.Г. Бродовой с сотрудниками успешно разрабатывается новая технология получения объемных экспериментальных образцов промышленных алюминиевых сплавов с субмикроструктурной структурой, обладающих повышенными прочностными свойствами. В кооперации с коллегами из Института металлургии УрО РАН решаются вопросы создания эффективных модификаторов структуры легких сплавов и переработки отходов алюминиевого производства. Совместно с сотрудниками Института механики сплошных сред УрО РАН (О.Б. Наймарк) проводятся детальные исследования термодинамики высокоскоростного деформирования и влияния масштаба структуры на динамический процесс накопления энергии в алюминиевых сплавах.

Переходя к заключению, отметим, что в последние 15 – 20 лет в лаборатории были детально теоретически и экспериментально исследованы структурные состояния на разных стадиях фазовых превращений (старения, атомного упорядочения, мартенситных превращений) в разных метастабильных металлических сплавах и соединениях, в результате чего разработаны фундаментальные научные принципы устойчивости и эволюции гетерофазных структур при легировании, термических и термомеханических обработках и их влияния на физико-механические свойства дисперсионно твердеющих, атомно-упорядочивающихся, испытывающих мартенситные превращения модельных и промышленных сплавов на основе алюминия, никеля, титана, благородных металлов, железа. Сложившееся разумное разделение труда позволяет проводить в лаборатории цветных сплавов многоплановые систематические комплексные исследования структурных и фазовых превращений и свойств разных материалов и в то же время вести совместные работы в тесном сотрудничестве с коллективами институтов и предприятий разного направления (ИВТЭХ, ИМАШ, ИМет, ИМСС, ИОС, ИХТТ, ИЭФ, ФТИ УрО РАН, ИМет РАН, ИРЭ РАН, г. Москва, ИФПМ СО РАН, г. Томск, УрФУ, УрГУ, УГПУ, УГМА, г. Екатеринбург, НИТУ «МИСИС», г. Москва, СПбГУ, г. Санкт-Петербург, БГУ, г. Белгород, УГАТУ, г. Уфа, ТГУ, г. Томск, ФГУП ЦНИИ Чермет, ФГУП ВИАМ, ОАО «РЖД», г. Москва, ОАО «ВМЗ», г. Выкса, «Алтайвагон», г. Барнаул, ООО «Микроакустика», Екатеринбург, ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск, ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, ОАО «ОКБ Новатор», «Уралинтех», г. Екатеринбург и др.).

Среди наиболее ярких прикладных разработок, внедренных в последние годы в экономику России, необходимо отметить следующие. В области приоритетных прикладных исследований наибольший успех достигнут в разработке высокопрочных сплавов с эффектами памяти и создании нового поколения устройств, инструментов и аппаратов медицинского и технического назначения, не имеющих мировых аналогов. Развитие данного прорывного научно-технического направления привело к разработке вначале опытного, а затем серийного производства и широкомасштабному внедрению в экономике страны противопожарных датчиков-извещателей (в промышленности и жилищном комплексе), медицинских аппаратов серии «Захват» в пяти вариантах (используемых в широкой клинической практике для безоперационного малоинвазивного эндоскопического и лапароскопического низведения камней из мочеточников и желчных протоков, для бужирования полых органов, эндоскопической электрохирургии добро-

и злокачественных опухолей в урологии и гастроэнтерологии и разработанных совместно с заведующим кафедрой урологии УГМА, г. Екатеринбург, профессором, доктором медицинских наук В.Н. Журавлевым, главным урологом СССР академиком Ю.А. Пытелем, Первый ММУ, г. Москва, и главным урологом РФ, профессором, доктором медицинских наук О.Б. Лораном, ММСУ, г. Москва), устройств для остеосинтеза.

Данные разработки защищены патентами РФ, Великобритании, Европатентом в 32 странах, удостоены Золотой медали и диплома 44 Всемирной выставки изобретений, исследований и промышленных инноваций в Бельгии в 1995 г. (Brussels EUREKA-95), дипломов Международной выставки Ленэкспо-2001, III Московского международного салона инноваций и инвестиций, ВВЦ-2003 и ряда других. Разработанные устройства и аппараты разрешены к применению и производству, рекомендованы к серийному выпуску Министерством здравоохранения РФ. Они демонстрировались в КНР, ФРГ, Франции, Израиле, США, Бельгии, Польше, Австрии, Японии. Более 1000 отечественных аппаратов эффективно применяются в РФ и странах СНГ. В настоящее время разработанные медицинские приборы выпускаются фирмой Siemens (Германия) и применяются повсеместно. Более 15 лет в России ежегодно производится 1.5 – 2.0 млн противопожарных датчиков, которые устанавливаются в помещениях различного назначения. При внедрении разработок достигнут высокий экономический и социальный эффект. В настоящее время на этапе опытно-промышленного производства находятся выпуск сплавов на основе нитинола и разработка сосудистых, урологических, гастроэнтерологических и кардиососудистых сверхупругих стентов с памятью формы. Весьма значительные успехи достигнуты и по применению сплавов и устройств с памятью формы для спецтехники, в частности для летательных аппаратов и устройств.

В числе других существенных прикладных разработок, внедренных в промышленность, можно отметить также отработку технологии производства твердых колес повышенного качества для грузового железнодорожного транспорта России, выполненную совместно с лабораторией физического металловедения по заданию ОАО РЖД (г. Москва) в ОАО ВМЗ (г. Выкса) при участии ООО «Микроакустика» (г. Екатеринбург). Были вскрыты основные механизмы структурно-фазовых превращений при изготовлении и эксплуатации железнодорожных колес и их влияние на механические и усталостные характеристики. Научно-технологические рекомендации позволили оптимизировать химический состав, режимы выплавки и термомеханической обработки и обеспечить в ОАО ВМЗ массовый выпуск высококачественных железнодорожных колес (до 1 млн штук в год, начиная с 2005 г.).

По заданию ФГУП ВИАМ (г. Москва) в интересах ОАО «ОКБ Сухого» (г. Москва) и ОАО «Воронежского Акционерного самолетостроительного Общества» (г. Воронеж) была отработана технология получения высокопрочных алюминиевых сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu в едином производственном процессе изготовления элементов аэродинамических поверхностей заданной формы и кривизны для самолетов серии SuperJet. Выявлены ключевые закономерности эволюции структуры и структурные механизмы фазовых превращений сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu. Установлено, что механотермическая обработка обеспечивает повышенную термическую стабильность структуры, регламентированные уровни механических свойств, необходимую форму изделий требуемой геометрии.

Заметная часть научных и прикладных достижений обусловлена активным участием коллектива лаборатории в международных и российских научных проектах в рамках широкого научного сотрудничества (проекты INTAS, МНТЦ, РФФИ, ФЦП и др.).

В последние годы в лабораторию цветных сплавов и отдел электронной микроскопии пришли новые молодые сотрудники и аспиранты, теперь уже пятого-шестого поколения. Они прекрасно осваивают методы современных экспериментальных исследований, включая аналитическую электронную микроскопию, и увлеченно работают над актуальными проблемами фазовых и структурных превращений в новых перспективных материалах, в том числе в области наноматериалов и нанотехнологий. Немаловажную роль в этом сыграл пилотный проект по бюджетному финансированию учреждений РАН и грантовая система на конкурсной основе, действующая в России, обеспечив значительный (в 3 – 4 раза) рост заработной платы молодых сотрудников и специалистов. Девиз лаборатории цветных сплавов и отдела электронной микроскопии «эстафету – молодым» позволяет сотрудникам идти в ногу со временем и успешно решать новые фундаментальные и прикладные проблемы физического материаловедения. В настоящее время в коллективе из 30 человек 4 доктора наук, 9 кандидатов наук, 13 сотрудников имеют возраст до 35 лет, в том числе 11 аспирантов и соискателей ученой степени. Несмотря на небольшой стаж работы в лаборатории, каждый из молодых специалистов уже нашел свое направление научной деятельности. Сотрудники лаборатории как всегда активно участвуют в работе международных и российских конференций, а результаты своей научной деятельности регулярно публикуют в рецензируемых журналах и трудах конференций, коллективных монографиях.

*В.Г. Пушин*

### Список литературы

1. *Физика металлов на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. с.*
2. *Академик Георгий Вячеславович Курдюмов. Страницы жизни. Воспоминания. Итоги. М.: Наука, 2004. с.*
3. *Пионер электронной микроскопии // Наука Урала, 2009, № 26–27, С. 8–9.*
4. *Буйнов Н.Н., Захарова Р.Р. Распад металлических пересыщенных твердых растворов. М: Металлургия, 1964. 143 с.*
5. *Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. руководство / под ред. Буйнова Н.Н., Мальцева М.В., Фридляндера И.Н. М: Металлургия, 1971. 352 с.*
6. *Металловедение алюминия и его сплавов: Справочник / под ред. Буйнова Н.Н., Дриц М.Е., Луцкой И.Н., Фридляндера И.Н. М: Металлургия, 1983. 279 с.*
7. *Гринберг Б.А., Пушин В.Г. Физика прочности и пластичности металлов и сплавов. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1986. 195 с.*
8. *Гольдштейн М.И., Попов В.В. Растворимость фаз внедрения в сталях при термической обработке. М: Металлургия, 1989. 200 с.*
9. *Анциферов В.Н., Агеев С.С., Косогор С.П., Лобанов М.Л., Попов В.В. Получение, структура и свойства вакуумно-плазменных покрытий. Пермь: УрО АН СССР, 1990. 81 с.*

10. Хачин В.Н., Пушин В.Г., Кондратьев В.В. Никелид титана, структура и свойства. М.: Наука, 1992. 108 с.
11. Черемных В.Г., Попов В.В. Методы обработки рентгенографических данных с использованием ЭВМ. Свердловск: Изд-во УПИ, 1992. 87 с.
12. Добромыслов А.В., Талуц Н.И. Структура циркония и его сплавов. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 228 с.
13. Пушин В.Г., Кондратьев В.В., Хачин В.Н. Предпереходные явления и мартенситные превращения. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 368 с.
14. Журавлев В.Н., Пушин В.Г. Сплавы с термомеханической памятью и их применение в медицине. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 148 с.
15. Новые перспективные материалы и новые технологии. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 211 с.
16. Brodova I.G., Popel P.S., Eskin G.I. Liquid metal proceedings: Application to Aluminium alloy production. New York and London: Taylor and Francis, 2002. 269 p.
17. Расплавы как основа формирования структуры и свойств алюминиевых сплавов. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 369 с.
18. Переработка лома и отходов цветных металлов в ионных расплавах. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 210 с.
19. Пушин В.Г., Прокошкин С.Д., Валиев Р.З. и др. Сплавы никелида титана с памятью формы. Ч. I. Структура, фазовые превращения и свойства. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 440 с.
20. Развитие идей академика В.Д. Садовского: Сб. трудов, посвящ. 100-летию со дня рождения академика В.Д. Садовского. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 410 с.

---

# ИЗ ИСТОРИИ

## отдела прецизионной металлургии

---

Отдел прецизионной металлургии (ОПМ) в Институте физики металлов (ИФМ) образовался в 1951 г. Инициатива в его создании принадлежит академику В.Д. Садовскому. В те годы в ИФМ начала активно развиваться металловедческая тематика и для проведения научных исследований требовалось большое количество металлических материалов, как чистых металлов, так и прецизионных сталей, сплавов, соединений в поли- и монокристаллическом состояниях. Первоначально это был участок, который размещался в УФАНовской кузнице, затем отдел занял еще несколько помещений в нынешнем корпусе прецсплавов и главном корпусе ИФМ, а еще позже получил площади в техническом блоке, корпусе гидрокструзии и новом корпусе «А».

Я пришел в ИФМ в 1963 г. и оказался здесь в общем-то по воле случая. Мне, как и моим однокурсникам, многие из которых уже поработали на производстве, а теперь заканчивали кафедру «Металлургия стали» металлургического факультета УПИ им. С.М. Кирова, представлялось только одно – работа в мартеновском цехе у мартеновских печей. Мы бредили «мартенами» и были в них просто влюблены. Это, на наш взгляд, была истинно мужская работа – у пылающих жаром печей – захватывающая, романтическая. К моменту нашего распределения прошел слух, что на Нижнетагильском металлургическом комбинате на агломерационной фабрике при доменном цехе не хватает инженеров-агломератчиков. Поэтому выпускники как нашей кафедры, так и кафедры «Металлургия чугуна», будут распределены в доменный цех. Тут уж выиграло собственное тщеславие. Как это так? Нас – элиту металлургических заводов – отсылают работать на аглофабрику?! И мы стали искать любые возможности избежать этой, на наш взгляд, несправедливой участи.

В один из таких дней в актовом зале химфака, где проводилось предварительное распределение, появился юноша моих лет, предлагающий выпускникам работу в физическом институте, в котором есть (удивительно – зачем и почему?) отдел металлургии, правда, прецизионной. Поразмыслив, я решил – пойду в институт, отработаю два года и уйду на завод. С тех пор, исключая три года аспирантуры в УПИ у члена-корреспондента АН СССР П.В. Гельда и профессора Б.А. Баума, прошло 48 лет моей работы в отделе прецизионной металлургии ИФМ. А юношей тем был ныне член-корреспондент РАН Евгений Павлович Романов, впоследствии на протяжении многих лет заведовавший отделом.



Лель Вениаминович Смирнов, организатор и первый заведующий ОПМ, Лауреат премий Совета министров СССР и Государственной Премии СССР, награжден орденом Знак Почета

Как говорят альпинисты, прозимовав лето в горах, осенью 1963 г. я предстал перед очами заведующего отделом прецизионных сплавов и монокристаллов ИФМ Лелем Вениаминовичем Смирновым. Поделившись впечатлениями о горных красотах, о его увлечении горными лыжами и дружеских отношениях с известным чемпионом и призером страны в слаломе Чертищевым, он обрисовал мне мои служебные обязанности.

ОПМ занимал в ту пору правую часть здания прецсплавов, да и то не полностью. Большая часть этажей, а также подвальных и чердачных помещений принадлежали экспериментальному цеху и лаборатории высоких давлений. Основное оборудование было расположено в плавильном зале первого этажа и частично – в подвале. В плавильном зале стояли две индукционные открытой плавки печи садкой 13 и 20 кг, немецкие камерные печи для обжига ковшей, прибылей, воронок, термообработки заготовок и образцов. Плавляли кампаниями – т.е. набирали пакет заказов и сутки или дольше без перерывов выплавляли более десятка слитков. Бригада состояла из четырех-шести человек – Л. Отрошко, Н. Малышева, М. Зырянова, В. Корнеева – это костяк бригады, к которому периодически подключались В. Смышляев и С. Крючков. Бригадиром у плавильщиков был Алексей Иванович Кашин. Он пришел в отдел из Института металлургии уже опытным пла-

вильщиком. Как и все представители старательско-металлургической профессии – человек с хитрецей, неистовый во время горячего дела, не терпящий возражений и подкрепляющий дело крепким словом. О передаче своего опыта, плавильных секретов другим – не могло быть и речи! Лигатуры, добавки, смеси хранились в укромных местах подальше не только от чужих, но и от своих глаз. Это он едва не сбросил с литейной площадки одного из заказчиков, который взгромоздившись за его спиной, стал давать советы по ведению плавки. И только вмешательство подручных спасло советчика от рукоприкладства. Мне такой характер старателей-металлургов знаком с детства. Мой дед по материнской линии – старатель был, правда, человеком тихим, но тоже – упрямым, скрытным и хитрым – не смотря ни на какие запреты – до самой кончины мыл золото. Удар (сейчас это называется инсульт) случился с ним по дороге с запретного промысла. Полупарализованный он так и не сказал, где же хранит свое втайне намытое золото. Баб-

ка потом много раз обследовала дом, сарай, подполье и огород перекапывала неоднократно, да так ничего и не нашла.

Но вернемся к истории нашего отдела. Со временем количество заказов на открытые плавки сокращалось. Это было связано с возросшими требованиями к характеристикам промышленных сплавов. Поэтому плавки стали осуществляться в вакуумных печах. Институт приобрел в г. Новосибирске для этих целей вакуумную печь садкой 10 кг. Сейчас на ней производство приходится сокращать. Во-первых, кончаются запасы шихтовых материалов, которые институт не приобретает десятки лет, во-вторых, отсутствует производство запасных частей, а работать, например, без фильтров – значит загубить всю вакуумную систему.

Сейчас заказы на плавку выполняются на вакуумной печи садкой до 2.5 кг. Многие годы на этой печи работал Александр Вячеславович Юдин – опытный плавильщик, преданный всей душой делу металлургии. Он предложил реконструировать и модернизировать печь, что с успехом осуществил В. Тиунов – сотрудник лаборатории микромагнетизма. Сейчас обслуживанием печи занимается Н. Глазунов, который пришел к нам в отдел с завода, имея за плечами большой производственный опыт. Вообще история этой печи примечательна. Печь была изготовлена по нашему заказу во Всесоюзном НИИ электротермического оборудования (ВНИИЭТО) согласно постановлению правительства СССР о научном приборостроении. Е. Романов и я неоднократно ездили в Москву согласовывать проектирование и изготовление печи. Монтировал и обслуживал в дальнейшем печь Геннадий Иванович Зайцев – специалист высо-



Плавильщики Отдела прецизионной металлургии, 1958 г.

Вверху слева направо: Л.П. Отрошко, Г.М. Филончик,  
А.В. Чулков, Н.Г. Галимзянов, Г.И. Зайцев

Внизу слева направо: А.В. Чулков, Г.М. Филончик,  
Л.В. Смирнов, Г. И. Зайцев, В.М. Францевич



Научный сотрудник отдела В. Олесов  
и плавильщики Н. Галимзянов и Г. Зайцев

чайшей квалификации – он был одновременно и плавильщиком, и вакуумщиком, и монтажником, и электриком. В отделе на тот момент уже работали собранные им индукционные установки вертикальной и горизонтальной плавки, выращивания монокристаллов по методу Бриджмена. Геннадий Иванович вместе со слесарем механических мастерских Стародумовым сконструировали и собрали установку для выращивания монокристаллов по методу Чохральского, которая не уступала по конструкционным и эксплуатационным свойствам заводским установкам. Еще раньше в помещении главного корпуса была установлена двухкамерная (т.е. с двумя нагревателями) печь для выращивания монокристаллов диаметром до 100 мм. Высотой в два этажа она производила грандиозное впечатление. В последствии Г. Зайцевым была собрана небольшая двухкамерная печь, на которой тогда еще аспирант, а нынче главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук, лауреат Премии Совмина СССР, заслуженный деятель науки России и опытный металлург и термист Дмитрий Петрович Родионов вместе с плавильщиками В. Науменко и А. Коэзмцом получали стальные монокристаллы. Заслуга Г. И. Зайцева (к сожалению, после ухода на пенсию прожившего совсем недолго) в становлении ОПМ исключительно высока. Особенно в развитии технологии производства сверхсильных магнитов, массовое изготовление которых для лаборатории ферромагнетизма началось и затем регулярно проводилось под его руководством.

Вспоминает член-корреспондент РАН Евгений Павлович Романов.

В 1959 г. после окончания УПИ я получил распределение в группу прецизионных сплавов, которую возглавлял Л.В. Смирнов. Эта группа входила в лабораторию физического металловедения под руководством В.Д. Садовского. Первые работы в этой группе были связаны со сплавами бериллия и In–Mg. Сплавы бериллия с различными легирующими добавками я выплавлял для аспиранта, руководителем которого был В.Д. Садовский, а сам аспирант был из Китая. В то время легирование бериллия вызывало большой интерес у исследователей. Однако пары этих сплавов были очень вредны, и я это почувствовал на себе. Но все было не напрасно: аспирант успешно защитил диссертацию, а впоследствии стал ректором Пекинского университета.

Что касается сплава In–Mg, то идея его исследования пришла непосредственно из жизни. В то время этот сплав стали применять для покрытия электрических проводов в местах их контакта и неожиданно обнаружили, что резко участились случаи короткого замыкания. Оказалось, что причиной этого являются усы (длинные, тонкие монокристаллические образования, очень чистые по составу, с гладкой поверхностью и прочностью, близкой к теоретической), которые активно растут на покрытии из сплава In–Mg. Я стал изучать этот феномен, и полученные результаты легли в основу моей публикации с коллегами. Работа вызва-

ла большой интерес: о ней говорили по радио, писали в газете «Уральский рабочий», подавая материал под названием «У металла растут усы».

В первые годы моего пребывания в группе Л.В. Смирнова Сергей Васильевич Вонсовский обратился к ученым института с призывом изучать переходные металлы благодаря их интересным электрическим и магнитным свойствам. Н.В. Волкенштейн попросил Л.В. Смирнова приготовить монокристаллы Mo и W высокой чистоты. Это была очень трудная задача, для решения которой была необходима установка для электронно-лучевого переплава, а такой в институте не было. Нужно было не только сконструировать такую установку, но и изготовить ее своими руками. Для этого создали специальную группу, в которую вошли я, Н.Г. Галимзянов, М.Г. Кожухов. За опытом создания такой установки и освоения технологии выращивания монокристаллов ездили в Москву, в Институт кристаллографии. В конечном счете монокристаллы были получены, и сотрудник Н.В. Волкенштейна В.Е. Старцев приступил к изучению гальваномагнитных свойств этих материалов.

К середине 1960-х гг.отдел прецизионной металлургии имел оборудование, позволяющее осваивать и развивать практически все существующие на тот момент металлургические технологии. Большое количество сплавов выплавлялось на немецкой дуговой печи с нерасходуемым электродом. Ее конструкция позволяла плавить и разливать не только тугоплавкие металлы и сплавы на их основе, но и сплавы металлов с высокой химической активностью – титан, цирконий, хром, редкоземельные элементы. На этой печи в свое время поработали Е. Романов, А. Юдин, О. Маханек, Ю. Пивоваров, затем много лет ее обслуживал С. Кудрявцев – безотказный, с добрым характером сотрудник. Я всегда с удовольствием



Е.П. Романов с ученым секретарем ИФМ С.Н. Петровой и академиком В.Д. Садовским, 1970-е гг.



Е.П. Романов. Начинал работать в ИФМ старшим лаборантом в 1959 г., с 1987 г. зав. отделом прецизионной металлургии, на протяжении многих лет Ученый секретарь Президиума УрО РАН.

смотрел на работу плавильщиков О. Маханька и Ю. Пивоварова. Это были высококлассные специалисты. Металлурги-интеллигенты, в полной мере осознававшие «прецизионность» своей деятельности. Установка у них всегда была в идеальном состоянии, а выплавленные слитки практически всегда соответствовали заданному химическому составу. О высоком уровне мастерства плавильной бригады говорит и тот факт, что не раз они переплавляли драгоценные металлы по заказу Свердловского завода по обработке цветных металлов (известного ОЦМ). Выполнение таких работ обеспечивалось уникальным оборудованием отдела, равным которому на Урале и за его пределами не было.

Помимо металлургических печей общего назначения отдел обзавелся комплексом специальных установок для выращивания монокристаллов методами Бриджмена, Чохральского, электронно-лучевого нагрева, индукционной зонной плавки. Сначала, как уже говорилось, это были самодельные установки, собранные с участием Е. Романова нашими умельцами Н. Галимзяновым, А. Юдиным, Г. Зайцевым, Е. Вебером, М. Кожуховым. Затем ИФМ приобрел несколько заводских установок, изготовленных на предприятиях Таганрога, Фрязино, Москвы. Негласным лидером по их обслуживанию стал Н. Галимзянов, поступивший на работу в ИФМ в 1957 г. и до сих пор работающий в отделе. Несколько лет назад Н. Галимзянову было присуждено чрезвычайно почетное звание заслуженного металлурга России.

Новые установки приобретались нелегко, у каждой – своя история. Например, решение о поставке таганрогской установки по выращиванию монокристаллов тянулось несколько лет, поскольку для этого требовалось добиться положительной резолюции на поставку от руководства «Союзглавпечи». Наконец, благодаря настойчивости Е.П. Романова, разрешение было получено. И вдруг через небольшое время «Союзглавпечь» предлагает нам приобрести еще одну такую же установку. С чего бы такая щедрость от несговорчивой «Союзглавпечи» – понять мы не могли. ИФМ быстро нашел деньги для покупки. Установку и запуск этих двух печей вместе с заводскими наладчиками проводили наши сотрудники – А. Чулков, В. Скорынин, Е. Вебер и Я. Курицын под руководством первоклассного многогранного специалиста Н. Кардальских, приглашенного со станции Таватуй на работу в отдел лично Л. Смирновым. Но даже опытного Н. Кардальских заводские наладчики сумели обвести вокруг пальца и скрыть, что вторая печь бракованна. Как выяснилось позже, у печи оказалось несоответствие верхнего и нижнего

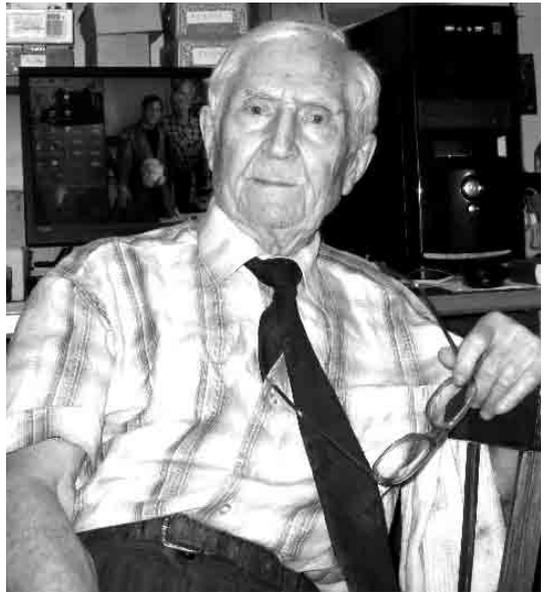
штоков, в результате чего заготовка-стержень при вращении так «вихляла» в индукторе, что о выращивании монокристаллов не могло быть и речи. Кроме того, имелась еще одна сложность – все промышленные установки по выращиванию монокристаллов, выпускаемые в те годы, были предназначены для выращивания кремния – полупроводникового металла и соответственно генератор имел очень высокую частоту 5.28 МГц, которую невозможно использовать при получении металлических монокристаллов из-за постоянных электрических пробоев между высокоэлектропроводной металлической заготовкой и ионизированной атмосферой в камере печи. Поэтому вторую печь пришлось переделать под выращивание монокристаллов по методу Бриджмена. Осталось оснастить ее компактным трансформатором, а на первой печи – установить генератор с подстраиваемой частотой. Договоренность об их поставке есть, остается решить вопрос с финансированием.

Несколько лет назад отдел при активном участии Е. Романова и М. Дегтярева обзавелся вполне приличной индукционной печью фирмы PVA TEPLA, позволяющей плавить и разливать в слитки металлы и сплавы в вакууме и защитной атмосфере под давлением до 10 бар. Монтаж и наладку печи совместно с представителем фирмы осуществляли А. Целковый и А. Юдин. Хорошо бы в дополнение к этой печи создать участок изготовления керамических оболочек, который начинал организовывать бывший сотрудник отдела Л. Владимиров. Но после того как он перешел в другую лабораторию, дело заглохло. А жаль, ведь запуск такого участка помог бы в значительной степени снизить нагрузку на механические мастерские по изготовлению ударных и разрывных образцов для исследований, организовать отливки для авиации, стоматологии и других отраслей техники.

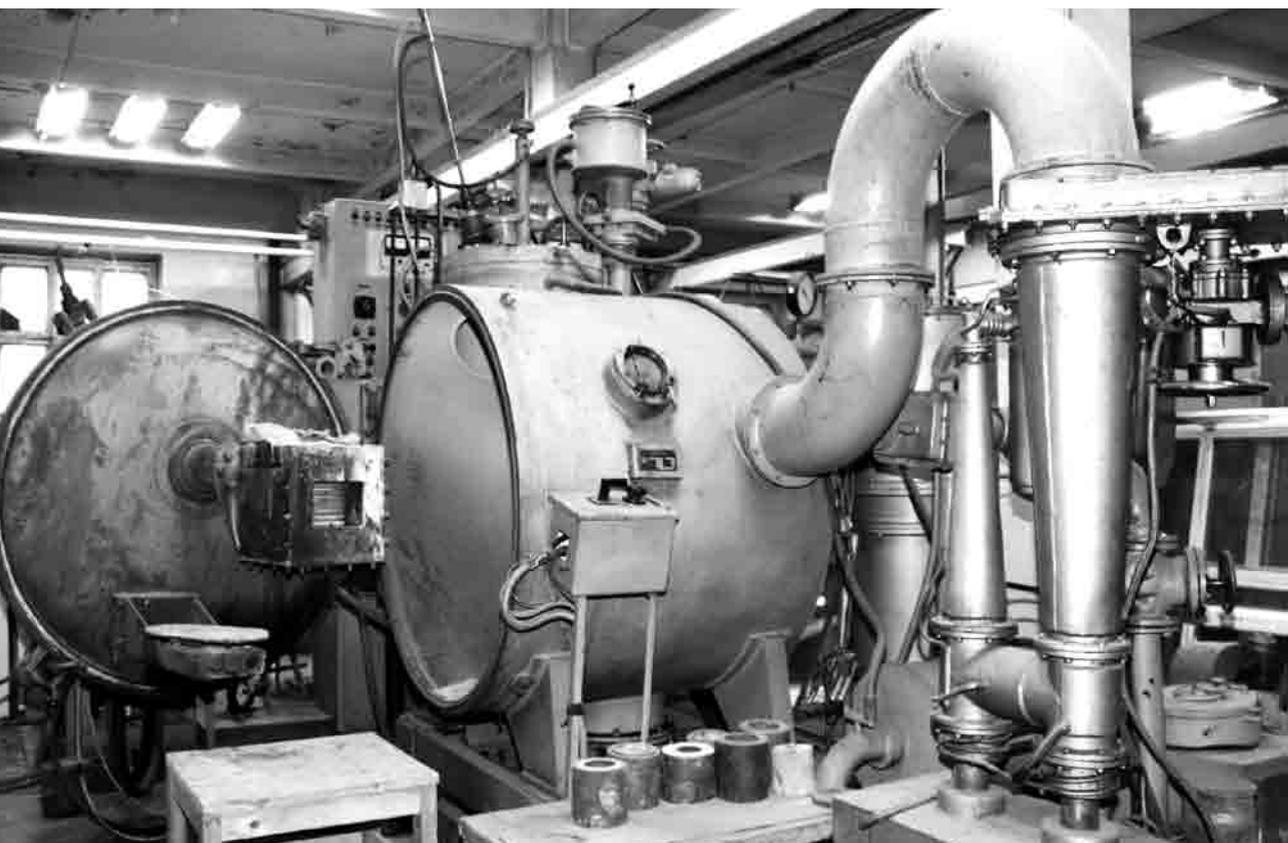
В период строительства корпуса «А» в институте был разработан план развития ОПМ. На первом этаже для отдела были выделены площади и заказано оборудование, на втором разместили японскую электронно-



Евгений Александрович Вебер – механик, станочник широкого профиля, в УФАН - с 1948 г., в ОПМ – с 1962 г.



Михаил Григорьевич Кожухов – радиорегулировщик, ветеран Великой отечественной войны, награжден Орденами Славы и Отечественной войны, в ОПМ работал больше 50 лет



Индукционная вакуумная плавильная печь



Александр Вячеславович Юдин – потомственный металлург, главный специалист отдела, в отделе работает с 1970 г. по настоящее время

лучевую установку. Из заказанного перечня оборудования, к сожалению, поступила в институт только одна индукционная печь, изготовленная в Махачкале, качество которой было такое, что хоть сразу списывай и разбирай на запчасти. Пришлось заполнять новые площади старым оборудованием. С течением времени часть оборудования списали, а оставшуюся часть вновь вернули на малую родину – в здание прецсплавов, передав освободившиеся площади корпуса «А» другим научным подразделениям института.

После завершения строительства здания техблока отделу были выделены площади, на которых разместилось кузнечно-прокатное оборудование. Многие годы кузнецами в отделе работали

В. Жигулев и А. Добролюбов – настоящие мастера своего дела. При широчайшем спектре сталей и сплавов они успешно выполняли все поступающие заказы. В. Жигулев был специалистом и в ковке, и прокатке, и термообработке, и «жестянке». Не только здания родного Института, но и крыши многих храмов и городских зданий перекрыты его руками. Он отковал крест для купола храма на Вознесенской горке, а выполняя договор отдела со стоматологической клиникой «Урсула», сумел прокатать в полосу литейный сплав почти нулевой пластичности. Мы и сейчас при необходимости пользуемся услугами уже вышедших на пенсию В. Жигулева и А. Бухвалова – инженера-прокатчика по образованию и специалиста по наладке прокатных станков. В этом году силами сотрудников отдела при активном участии кузнецов Л. Бажукова и А. Бизяева установлен молот средней мощности, который позволяет осуществлять более щадящие режимыковки.

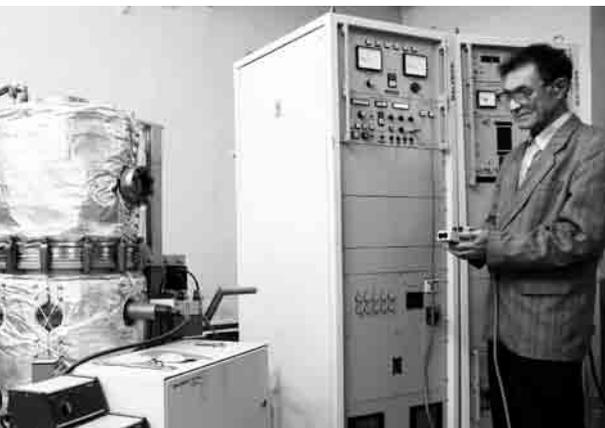
Конечно, современное металлургическое производство не может существовать без химического анализа. Отцы-основатели ОПМ это предусмотрели, и вслед за созданием отдела при нем была организована химико-аналитическая группа. Начинали работу в этой группе И. Малышева, М. Куимова, А. Чернышова, М. Корсунская. Чуть позже в состав группы влились выпускники УрГУ и УПИ – Л. Волкова, Н. Алексашина, Л. Кузьминых, А. Краснова, В. Калинина. Первым официальным руководителем группы стала Л. Кукало, которая в силу специфики своей предыдущей работы и при активном участии в парткоме занималась в основном (и надо сказать – довольно успешно) решением организационных вопросов. Позже группу возглавил Е. Патраков – высококвалифицированный химик (по образованию и призванию) и не менее сведущий специалист в электронике (по увлечению). Об этом можно было судить по тому, как он на равных, а в некоторых вопросах и превосходя, общался с



Кузнечное оборудование отдела прецизионной металлургии: вверху – пневматический молот (кузнец Л. Бажуков); внизу – прокатный стан (кузнец А. Бизяев).



Установка для выращивания монокристаллов методами Бриджмена и Чохральского (за пультом установки С. Букин)



Камера для нанесения тонких пленок (за пультом – Н. Галимзянов)

японскими наладчиками, устанавливающими в нашем отделе сканирующий электронный микроскоп с функцией рентгеноструктурного микроанализа. Надо представлять себе трудности, с которыми сталкиваются наши химики-аналитики. Ведь в институте не массовое производство сплавов, которые анализируются по готовым отработанным методикам. Кроме того, в последние годы номенклатура выплавляемых и синтезируемых в лабораториях соединений настолько изменилась, что впору переименовывать Институт физики металлов в Институт физики материалов. Всякий раз нашим химикам приходится разрабатывать и аттестовывать новые «штучные» методики анализа редких сплавов и соединений. Зачастую и разработка, и применение этих методик – долгий кропотливый процесс.

Помимо инженерно-технического персонала в отделе сложился научный коллектив. Сотрудниками отдела был разработан новый способ повышения эксплуатационных свойств конструкционных сталей, названный впоследствии высокотемпературной термомеханической обработкой. ВТМО позволяет значительно сэкономить ресурсы предприятия и снизить металлоемкость изделия. Научными сотрудниками отдела было открыто влияние сильного магнитного поля на фазовые превращения в металлах и сплавах и показана возможность применения этого эффекта для получения высокопрочной стали. Кроме того, в отделе были впервые выращены стальные монокристаллы конструкционных сталей, на которых были детально изучены структура и свойства сталей, определена физическая природа ряда фазовых превращений.

Для промышленных и научных организаций научными сотрудниками отдела был разработан способ повышения долговечности и надежности работы газотурбинных перекачивающих агрегатов и реактивных двигателей, созданы новые компози-

ции контактных материалов для электротранспорта, рабочего и вспомогательного слоев магнитных дисков, поляризующих покрытий нейтропроводов, синтезированы и прошли испытания на ГТУ комплексные жаростойкие покрытия.

В отделе прецизионной металлургии были разработаны технологии выплавки сплавов сложного состава для электрохимических датчиков кислорода и стоматологии, усовершенствована технология изготовления и термической обработки стальных крупногабаритных поковок.

В 1987 г. в отделе прецизионной металлургии была создана лаборатория интерметаллидов и монокристаллов. В состав лаборатории вошли сотрудники отдела, занимавшиеся изучением структуры композитов на основе сверхпроводящей фазы  $A_3B$ . Затем в лаборатории была создана группа по ВТСП тематике (И. Бобылев, М. Любимов, В. Морычева, Е. Шавкунова, И. Дерягина, Н. Зюзева), в которой под руководством И.Б. Бобылева синтезировались образцы ВТСП с высокой критической плотностью тока, разрабатывалась технология формирования протяженных ВТСП изделий, с помощью которой были изготовлены образцы литых тонкостенных трубок на основе висмутовой ВТСП стеклокерамики, способные выполнять роль магнитных экранов. Структурными исследованиями ВТСП образцов, как синтезированных в лаборатории, так и полученных во ВНИИ НМ им. ак. Бочвара, руководила С.В. Сударева. В перспективе планируется разработка и создание ВТСП второго поколения, для чего уже сейчас отработывается технология получения квазимонокристаллических текстурированных лент-подложек.

Вспоминает к.ф.-м.н. ведущий научный сотрудник Светлана Васильевна Сударева.

В начале 1960-х гг. начался настоящий сверхпроводящий бум. Он касался обычных, как теперь говорят, «традиционных» сверхпроводников. Тогда это были в основном, сплавы  $Ti-Nb$ ,  $Zr-Nb$ , которые после деформации и последующей термообработки начинали проявлять необычные сверхпроводящие свойства – высокие критические токи ( $\sim 10^5$  А/см) в относительно высоких магнитных полях ( $\sim 60$  кЭ). К тому времени уже была создана теория сверхпроводников 2-го рода – ГЛАГ (Гинзбурга–Ландау–Абрикосова–Горькова) и были сформулированы представления о жестких сверхпроводниках – сплавах с дефектами (дислокации, частицы), которые обеспечивали большие токи в высоких магнитных полях благодаря закреплению на дефектах решетки магнитных вихрей. Активно обсуждалась нитяная модель сверхпроводимости. В ИФМ был создан Совет по сверхпроводимости, в который вошли известные ученые: С.В. Вонсовский, В.Д. Садовский, С.К. Сидоров, Н.В. Волкенштейн, В.И. Архаров, Н.Н. Буйнов и др. Присутствовали на заседаниях этого Совета и молодые научные сотрудники.

Е.П. Романов с коллегами (С.В. Сударева и др.) в те годы решили на основе сплава  $Zr-4$  вес.%  $Nb$  экспериментально проверить нитяную модель сверхпроводимости, чтобы изучить взаимосвязь структуры и сверхпроводящих свойств. Этот сплав в исходном состоянии имеет мартенситную структуру, поэтому частицы сверхпроводящей фазы, выделяясь по границам мартенситных игл и двойников, создают систему сверхпроводящих нитей. Меняя термомеханическую обработку, можно регулировать состав и количество частиц, их размеры и расстояния между ними. В результате нами были обнаружены интересные экспериментальные факты, подтверждающие нитяную модель, и наша работа по сплаву  $Zr-4$  вес.%  $Nb$  вызвала большой интерес у специалистов, занимающихся сверхпроводимостью. В подтверждение этому приведу такой случай. В 1960-х гг. проходило много конференций по сверхпроводимости: в Москве, Киеве, Харькове, Дубне, в которых принимали участие и сотрудники ИФМ, в том числе Евгений Павлович Романов. Уже в те времена Е.П. Романов, несмотря на свою молодость, обладал необыкновенной коммуникабельностью. Он мог подойти к любому, даже маститому ученому, легко заговорить с ним, поставить вопросы и рассказать

о своей работе. Однажды Е.П. Романова и группу сотрудников ИФМ пригласил к себе в лабораторию член-корреспондент АН СССР Н.Е. Алексеевский. Встретил гостей он очень приветливо, предварив беседу вопросом: «Знаете, почему я вас пригласил?» И сам же дал ответ на заданный вопрос: «Потому что я проверил интересную работу Романова с коллегами, начав с того, что приготовил сплав. Все действительно так, как вы говорите. Эта работа подтверждает нитяную модель». Впоследствии многие вспоминали, как Николай Евгеньевич, ученый с мировым именем, в черном, далеко не новом халате, засучив рукава, сам плавил сверхпроводящий сплав, затем его катал и готовил образцы.

Но вернемся к нашей лаборатории в те годы. После цикла работ по сплаву Zr–Nb последовало изучение сплава Ti–25 ат.% Nb с высокой ( $10^4 - 10^5$  А/см<sup>2</sup>) критической плотностью тока. Удивительным было то, что сплавы Zr–Nb и Nb–Ti обладали близкими значениями критической плотности тока, хотя в сплаве Ti–Nb сверхпроводящая матрица составляет ~80%, а в Zr–Nb доля сверхпроводящих частиц Nb – всего 2.5 %. В связи с этим появилось представление, что за высокую критическую плотность тока отвечают межфазные границы между матрицей и частицами, и неважно, какая составляющая является сверхпроводящей, – частицы или матрица. Это направление исследований было активно поддержано В.Д. Садовским, Н.В. Волкенштейном и Н.Н. Буйновым.

В 1975 г. сотрудники отдела прецизионной металлургии (Е.П. Романов, Е.Н. Попова, Т.П. Криницина, а впоследствии Л.А. Родионова, Е.И. Кузнецова, И.Л. Дерягина, Ю.В. Блинова) и лаборатории фазовых превращений (С.В. Сударева и В.А. Возилкин) начали работу по исследованию структуры сверхпроводящих композитов, конструкция и технология производства которых разрабатывались во ВНИИНМ им. ак. А.А. Бочвара (г. Москва). Отмечу, что сотрудничество ИФМ и института им. ак. А.А. Бочвара – основного разработчика сверхпроводящих проводов в нашей стране – продолжается и сейчас. А в 1975 г. это было самое начало работ по созданию сверхпроводящих композитов на основе соединений фазы А<sub>3</sub>В. Наша первая работа была выполнена с помощью просвечивающего электронного микроскопа на композите с Nb<sub>3</sub>Sn. Тогда мы впервые увидели маленькие (меньше 100 нм) чистые и очень красивые зерна сверхпроводящего слоя Nb<sub>3</sub>Sn. В качестве матрицы в этих композитах используется оловянная бронза, и для получения сверхпроводящих слоев Nb<sub>3</sub>Sn необходимо, чтобы бронза содержала как можно больше олова. А высокая концентрация олова приводит к хрупкости бронзы. Первые образцы исследуемой нами бронзы были такими хрупкими, что при малейшем механическом воздействии рассыпались на кусочки. Много было сделано во ВНИИНМ для повышения пластичности бронз, а наш коллектив под руководством Е.П. Романова обеспечивал научную сторону решения этой проблемы. Так, нами впервые было обнаружено естественное старение бронз Cu–13 вес.% Sn, которое сопровождалось выделением хрупкой ε-фазы. И если вылеживанию при комнатной температуре предшествовала большая пластическая деформация, то эффект естественного старения увеличивался настолько, что небольшие образцы можно было легко сломать руками.

Через какое-то время проблема повышения пластичности высокооловянистых бронз была решена, но оказалось, что бронзовая матрица композита при холодной пластической деформации часто растрескивалась, несмотря на достаточно высокую пластичность свободной бронзы. В связи с этим возникло целое направление, связанное с изучением особенностей пластической деформации оловянных бронз в условиях композита. В результате нами было установлено, что причиной растрескивания бронзовых матриц является смена механизма деформации – с дислокационного для свободных бронз на механизм двойникова-

ния с образованием по границам двойников пластин хрупкой  $\epsilon$ -фазы. Мы предложили тогда использовать теплую деформацию при изготовлении композитов Nb/Cu–Sn, определили ее режимы, а главное, научно доказали, что при теплой деформации механизм пластического течения бронзовых матриц вновь становится дислокационным. Жаль, что это не получило дальнейшего развития на практике.

А жизнь предъявляла новые требования к композитам в отношении их сверхпроводящих характеристик. Было необходимо понять, каков механизм образования сверхпроводящего слоя и как можно управлять его структурой. Наши исследования показали, что при «бронзовой» технологии механизм возникновения слоев Nb<sub>3</sub>Sn и V<sub>3</sub>Ga носит зародышевый характер. Основываясь на этом, мы предложили использовать для получения мелкозернистого сверхпроводящего слоя Nb<sub>3</sub>Sn двухступенчатый диффузионный отжиг. Это предложение отражено в нашем совместном с коллегами из ВНИИНМ патенте и широко используется при производстве промышленных сверхпроводящих проводов.

Со временем необходимость использования сверхпроводящих композитов для работы в высоких магнитных полях (~ 20 Тл и выше) потребовала легирования материала бронзовых матриц и волокон Nb или V. В связи с этим нами было изучено влияние самых разных добавок на структуру и свойства композитов, что позволило объяснить влияние легирования на увеличение скорости роста и толщины сверхпроводящего слоя, установить, что легирование модифицирует структуру слоя A<sub>3</sub>B и создает дополнительные центры пиннинга на основе добавок, обеспечивая возможность работы сверхпроводящих композитов в высоких магнитных полях. Наилучшей добавкой был признан титан, и в настоящее время легирование титаном широко используется при производстве промышленных сверхпроводящих проводов на основе Nb<sub>3</sub>Sn.

Особое направление в работе нашей лаборатории составило исследование структуры высокопрочных композитов Cu–Nb с высокой электропроводностью, которые были разработаны во ВНИИНМ. Нами было обнаружено, что в этих композитах наряду с аксиальной формируется плоскостная текстура ленточных Nb-волокон, создающих наноразмерную структуру композита, что и обуславливает его высокие прочностные характеристики.

В 1986 г. было открыто явление высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). С.В. Сударева, Т.П. Криницина, Е.И. Кузнецова, Ю.В. Блинова и И.Б. Бобылев провели обширные исследования монокристаллов YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  и обнаружили, что при отклонении от стехиометрии по кислороду соединение 123 теряет стабильность и при 200 °С расслаивается по кислороду на две фазы. Затем под влиянием паров воды происходит разупорядочение тяжелых атомов Y, Ba, Ba, Y, что приводит в конечном счете к образованию кубической фазы и падению диамагнитного отклика. Такой распад происходит и в результате естественного старения. И.Б. Бобылевым и Н.А. Зюевой была построена экспериментальная диаграмма состояний YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6</sub> – YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> и показано влияние на интенсивность распада атмосферы низкотемпературного отжига.

При исследовании композитов Vi–керамика/Ag на образцах, изготовленных во ВНИИ НМ им. ак. Бочвара, нами было доказано проникновение Ag в керамику и определено его влияние на сверхпроводящие характеристики, а также продемонстрировано существование двух механизмов образования фазы 2223 из прекурсора – жидкостного и диффузионного.

Однажды группа сотрудников ИФМ во главе с Е.П. Романовым побывала в лаборатории П.Л. Капицы, который показал им свою гордость – огромный магнит с железным сердечником и медной обмоткой на 100 кЭ (он занимал треть большого зала и был значительно выше человека). Как сказал Петр Леонидович,

когда на этом магните проводятся исследования, он поглощает столько электро-энергии, что весь институт в это время «отдыхает». Если сравнить этот огромный магнит со сверхпроводящим соленоидом на 60 кЭ, который помещается на ладони, станет понятно, что такое сверхпроводимость и для чего она нужна.

Полученные нами результаты нашли практическое применение в разработке и совершенствовании технологии производства сверхпроводящих композиционных материалов во ВНИИНМ им. ак. Бочвара и составили основное содержание монографии «Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники и композиты на их основе», авторы Е.П. Романов, С.В. Сударева, Е.Н. Попова, Т.П. Криницина, опубликованной в 2009 г.

Сотрудники отдела являются авторами и соавторами 12 монографий, двух учебных пособий, обладателями более десятка авторских свидетельств на изобретения. Научный персонал в штате отдела представлен членом-корреспондентом РАН, пятью докторами наук и 13 кандидатами наук. Сотрудники отдела отмечены государственной премией СССР, дважды – премией Совета министров СССР, премией В.Д. Садовского. В коллективе отдела работают два Заслуженных деятеля науки РФ и два заслуженных металлурга РФ.

В 1970 – 1980 гг. ОПМ насчитывал более 50 человек. Из них около двадцати сотрудников относились к инженерно-техническому персоналу, постоянно занятому в металлургическом производстве. В настоящее время число плавильщиков сократилось в три раза, и остро стоит кадровая проблема. Прежде на рабочих должностях в отделе постоянно работали, начиная с младших курсов, 2–3 студента, которые одновременно под руководством научных сотрудников отдела выполняли курсовые и дипломные проекты. В последние 10 лет таким оказался только Д. Давыдов, когда-то студент металлургического факультета УПИ, а теперь молодой научный сотрудник, успешно сочетающий научную деятельность с работой на новой вакуумной индукционной печи.

Работе металлургического отдела постоянно оказывали поддержку научные сотрудники – В. Олесов, А. Бухвалов, Д. Родионов, А. Кутын, Н. Степанова. Много лет



Индукционная печь PVA TERPLA, позволяет проводить плавку в вакууме и в защитной атмосфере (за пультом – научный сотрудник Д. Давыдов)

лабораторную и хозяйственную работу в отделе выполняет А. Ризванова. Мы гордимся тем, что из наших рядов вышли главный ученый секретарь УрО РАН Е. Романов, первый главный инженер ИФМГ. Филончик, главный энергетик А. Чулков, начальник экспериментального цеха А. Коэмец. Управляющим большой снабженческо-сбытовой конторы стал Ю. Пивоваров. Представителем Росвооружения на Урале был В. Волков. На Уралмаше «наш» человек С. Ремезов возглавлял сталеплавильный цех. В. Парыгин руководил литейным участком на приборостроительном заводе. А. Пермяков стал начальником ЦЗЛ на заводе им. Калинина.

Отдел прецизионной металлургии ИФМ УрО РАН много и плодотворно сотрудничал с другими институтами Уральского отделения РАН и разными организациями Москвы, Санкт-Петербурга, Харькова, Запорожья, Барнаула, Кургана, Тюмени, Владикавказа, Иркутска, Якутска, Сухуми, Екатеринбурга и других городов Урала. Главное – все эти годы металлургии ОПМ достойно решали задачу обеспечения подразделений института материалами для научных исследований, создавая ту необходимую базу, на основе которой можно развивать современные технологии и получать материалы с принципиально новыми свойствами для промышленного производства, экологии, здравоохранения и безопасности государства.

Ю.Н. Акшенцев

### Список литературы

1. Родионов Д.П., Счастливец В.М. *Стальные монокристаллы*. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 274 с.
2. *Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники и композиты на их основе* / Е.П. Романов, С.В. Сударева, Е.Н. Попова, Т.П. Криницина. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 516 с.
3. Степанова Н.Н., Ринкевич А.Б., Митрохин Ю.С. *Физические свойства  $Ni_3Al$ , легированного третьим элементом: эксперимент и моделирование*. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 174 с.
4. Барышев Е.Е., Тягунов А.Г., Степанова Н.Н. *Влияние структуры расплава на свойства жаропрочных никелевых сплавов в твердом состоянии*. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 198 с.
5. Счастливец В.М., Кутын А.Б., Смирнов Л.В. *Исправление структуры и изломов перегретой конструкционной стали*. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 190 с.
6. Смирнов М.А., Петрова С.Н., Смирнов Л.В. *Высокотемпературная термомеханическая обработка и хрупкость сталей и сплавов*. М.: Наука, 1991. 167 с.
7. *Закалка стали в магнитном поле* / М.А. Кривоглаз, В.Д. Садовский, Л.В. Смирнов, Е.А. Фокина. М.: Наука, 1977. 119 с.
8. Счастливец В.М., Калетина Ю.В., Фокина Е.А. *Мартенситное превращение в магнитном поле*. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 322 с.
9. Кутын А.Б., Забильский В.В. *Структура, свойства и разрушение конструкционных сталей*. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 370 с.
10. Гервасьев М.А., Кутын А.Б. *Хладостойкие стали для крупных поковок и отливок*. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 220 с.

---

# ИССЛЕДОВАНИЯ В ИФМ в области физики твёрдого тела с использованием ядерных излучений

---

Предметом радиационной физики твердого тела является изучение на микроуровне дефектного состояния, возникающего при взаимодействии ядерных излучений с облучаемым объектом (чистыми металлами, **модельными** сплавами и хим. соединениями) при **модельном** допировании и в **модельных** условиях облучения. Исследование радиационных повреждений **реально** используемых на практике материалов, доминирующих в **реальных** условиях эксплуатации, – предмет радиационного материаловедения. Решение фундаментальных научных и прикладных проблем, стоящих сегодня перед радиационной физикой и радиационным материаловедением, требует в первую очередь проведения комплексных экспериментальных исследований:

- кинетики образования и релаксации радиационных дефектов на разных стадиях эволюции структуры многокомпонентных сплавов и соединений, аморфных, стеклообразных и керамических материалов, в том числе при одновременном воздействии радиации и внешних нагрузок (механических, тепловых, электрических, магнитных);
- радиационно-стимулированных фазовых и структурных превращений, аморфизации, изменений электронных и фононных спектров и вызванных ими изменений физических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков;
- взаимодействия газовых примесей в материалах (исходных и образующихся при облучении) с радиационными дефектами;
- возможности радиационной модификации свойств твердых тел и создания новых материалов с заданными свойствами (в том числе радиационно-стойких и радиационно-чувствительных) и прогнозирования работоспособности перспективных конструкционных материалов при длительной эксплуатации в радиационных полях.

Такого рода исследования в настоящее время предусмотрены официальным научным направлением деятельности ИФМ УрО РАН «Атомно - структурные превращения, нелинейные явления и неравновесные процессы в конденсированных средах при интенсивных **радиационных**, термических, деформационных и ударных воздействиях». Работы ведутся в следующих направлениях.

1. Изучение процессов образования и отжига точечных радиационных дефектов (междоузлий и вакансий) и их скоплений в металлах и сплавах, а также радиационно-индуцированных структурно-фазовых превращений в сплавах ме-

тодами остаточного электросопротивления и аннигиляции позитронов; облучение электронами энергией 5 Мэв. Руководитель – к.ф.-м.н. В.Л. Арбузов (отв. исполнители: к.ф.-м.н. С.Е. Данилов, к.ф.-м.н. А.П. Дружков, к.т.н. Г.А. Распопова, Д.А. Перминов).

2. Изучение радиационных эффектов в перспективных для промышленного использования реакторных сталях в целях улучшения их функциональных свойств. Руководители – чл.-корр. РАН, д.т.н. В.В. Сагарадзе (отв. исполнители: д.ф.-м.н. В.А. Шабашов, к.ф.-м.н. В.И. Воронин, к.т.н. А.В. Литвинов, к.ф.-м.н. К.А. Козлов, к.ф.-м.н. В.Д. Пархоменко).

3. Определение глубинных распределений изотопов лёгких элементов в твёрдом теле и тяжёлых элементов в лёгких матрицах методами ядерных реакций и обратного резерфордского рассеяния; облучение протонами и дейтронами энергией ~ 1 Мэв. Руководители – к.ф.-м.н. В.Б. Выходец (отв. исполнитель – к.ф.-м.н. Т.Е. Куренных).

4. Изучение кристаллической и магнитной структуры, фазового состава и фазовых превращений в твердых телах, в том числе подвергнутых различным внешним воздействиям, методами рассеяния **тепловых** нейтронов (дифракция, малоугловое рассеяние). Руководитель – д.ф.-м.н. Ю.Н. Скрыбин (отв. исполнители – к.ф.-м.н. В.И. Бобровский, к.ф.-м.н. С.Г. Богданов, д.ф.-м.н. Э.З. Валиев, к.ф.-м.н. В.И. Воронин, д.ф.-м.н. С.Ф. Дубинин, к.ф.-м.н. В.И. Максимов, к.ф.-м.н. Ю.Н. Михайлов, к.ф.-м.н. А.Н. Пирогов, к.ф.-м.н. А.Е. Теплых, д.ф.-м.н. Ю.Г. Чукалкин).

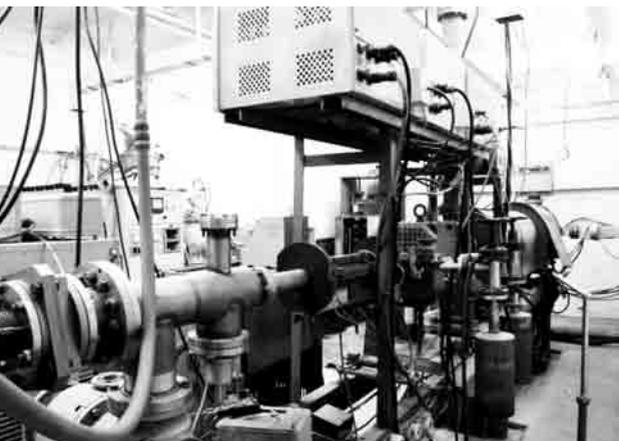
5. Радиационная модификация твёрдых тел (атомное разупорядочение, аморфизация) облучением **быстрыми** нейтронами. Руководитель – к.ф.-м.н. В.Д. Пархоменко (отв. исполнители – д.ф.-м.н. С.Ф. Дубинин, к.ф.-м.н. В.И. Максимов).

6. Изучение природы экстремальных решёточных и электронных свойств твёрдых тел методом радиационного разупорядочения (разупорядочение атомного масштаба облучением **быстрыми** нейтронами). Руководитель – чл.-корр. РАН Б.Н. Гощицкий (отв. исполнители – д.ф.-м.н. А.Е. Карькин, к.ф.-м.н. В.И. Воронин).

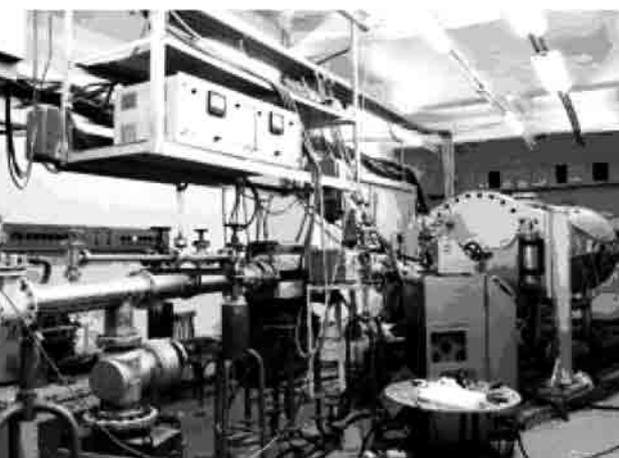
Формальной датой начала исследований в ИФМ АН СССР в области радиационной физики твёрдого тела следует считать июнь 1957 г., когда приказом № 163 была организована лаборатория изучения взаимодействия жёстких ядерных излучений с веществом. Этим же приказом к.ф.-м.н. А.К. Кикоин был назначен и.о. заведующего лабораторией. Главной задачей на этом этапе было оснащение лаборатории соответствующим уровнем того времени источником излу-



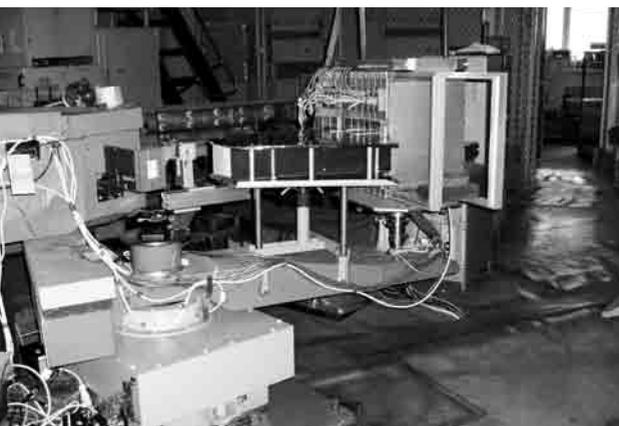
Они были первыми. Слева направо: А.К. Кикоин, С.К. Сидоров, А.В. Дорошенко, В.В. Келарев, В.В. Ключин



Линейный ускоритель электронов ЛУЭ-5



Электростатический ускоритель легких ионов  
ЭГ - 2М - 1



Нейтронный дифрактометр Д7а

чений. Благодаря недюженным усилиям и энергии А.К. Кикоина задача была решена: институт приобрёл линейный ускоритель электронов ЛУЭ-25 на энергию 25 Мэв, специализированный для применений в медицине. По энергии электронов ускоритель не «вписывался» в долгосрочные научные планы лаборатории, поэтому сразу же появились идеи перестроить его на энергию электронов 5.5 Мэв. Тем не менее на ЛУЭ-25 были выполнены первые в ИФМ АН СССР работы в области радиационной физики, в частности В.Л. Арбузов и А.Е. Бузынов исследовали влияние излучения на магнитное состояние тонких плёнок чистого никеля. В это же время начали разработку и изготовление специализированной оснастки (фокусирующая и сканирующая системы для управления электронным пучком, криостаты, мишени, термостаты и печи для пострadiационных отжигов, держатели образцов и др.) для радиационных исследований.

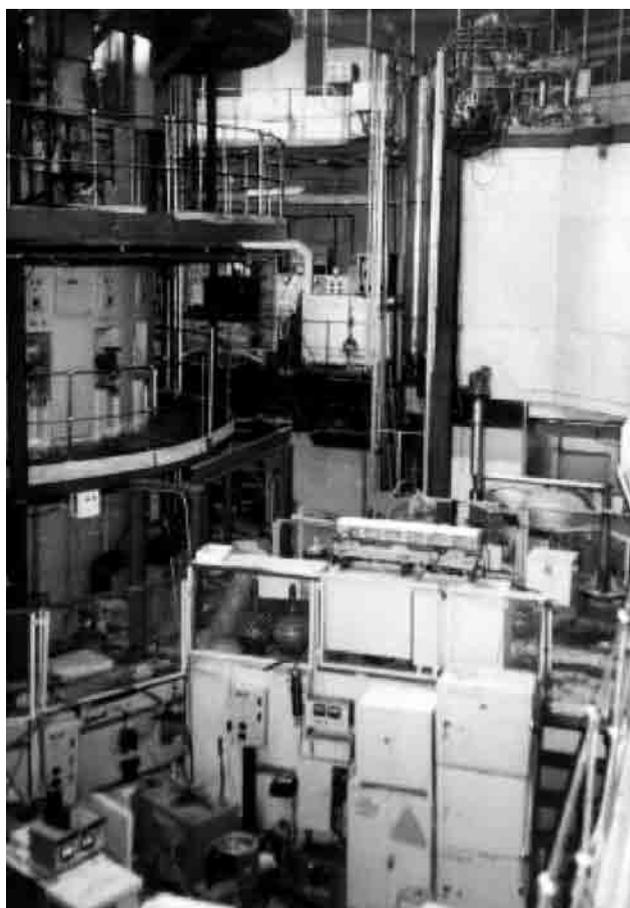
В 1969 г. лаборатория излучений была объединена с группой диффузии радиоактивных индикаторов и переименована в лабораторию диффузии Отдела радиационной физики твёрдого тела. Заведующим лабораторией был назначен к.ф.-м.н. С.М. Клоцман, который предложил в качестве основного направления деятельности лаборатории в области радиационной физики *изучение кинетики образования и отжига точечных радиационных дефектов и их скоплений в твёрдом теле* (руководитель направления В.Л. Арбузов). В результате выполненных с использованием ЛУЭ-5.5 исследований накопления радиационных дефектов, их взаимодействий между собой и с атомами примесей (кластеров дефектов) и их отжига в ГЦК-металлах и сплавах была впервые в мире разработана модель взаимодействий радиационных дефектов и их скоплений на II и III стадиях отжига с учетом функции распределения кластеров по размерам. Эта модель позволила предсказать основные

закономерности отжига радиационных дефектов в зависимости от флюенса излучения и концентрации примесных атомов (С.М. Клоцман, В.Л. Арбузов с сотрудниками). В результате пионерных исследований радиационно-индуцированных сегрегаций (РИС) примесей в ГЦК-металлах было установлено, что низкотемпературная РИС отличается от высокотемпературной тем, что она формируется не вблизи стоков, а в объеме материала с образованием метастабильных выделений (В.Л. Арбузов, С.Е. Данилов, А.П. Дружков, С.М. Клоцман). Предложена и экспериментально подтверждена модель высокотемпературного радиационного охрупчивания (ВТРО) в ГЦК-сплавах. Показано, что ВТРО связано не с наличием атомов гелия, а с сегрегацией примесей на границе зерен (В.Л. Арбузов, С.М. Клоцман с сотрудниками).

На освободившихся в лаборатории площадях по инициативе С.М. Клоцмана был установлен ускоритель Ван-де-Граафа для изучения глубинных распределений изотопов лёгких элементов в твёрдом теле и тяжёлых элементов в лёгких матрицах (руководитель направления В.Б. Выходец). На базе ускорителя была разработана оригинальная методика для исследования влияния радиационного облучения на дефектную структуру металлических систем и взаимодействия атомов водорода со структурными дефектами. В основе подхода лежит использование облучения образцов дейтронами как инструмента для создания радиационных дефектов и методики ядерного микроанализа для изучения сегрегаций атомов дейтерия. Предметом исследований были модельные и перспективные реакторные материалы различного структурного, фазового и химического состава и дефекты в них, созданные с помощью механосинтеза, пластической деформации и термообработки. На базе этих направлений в 1987 г. была создана лаборатория радиационных дефектов (заведующий к.ф.-м.н. В.Л. Арбузов). Были исследованы закономерно-



Нейтронный дифрактометр малоуглового рассеяния Д6



Нейтронный материаловедческий центр (НМЦ) на исследовательском атомном реакторе ИВВ-2М

сти эволюции дефектной структуры при радиационном облучении, в частности определены уровни радиационного повреждения, при которых в сплавах формируются радиационно-индуцированные выделения нано-размерного масштаба (В.Л. Арбузов, В.Б. Выходец, Г.А. Распопова) [1, 2].

Первые исследования в ИФМ АН СССР в области радиационного материаловедения конструкционных материалов для атомной энергетики были начаты в 1970-х гг. прошлого столетия в лаборатории механических свойств (заведующий д.ф.-м.н. В.А. Павлов) в творческом сотрудничестве с материаловедами Свердловского филиала НИКИЭТ (Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники МСМ СССР). В 1981 г. лабораторию возглавил д.т.н. В.В. Сагарадзе, при котором радиационное материаловедение стало одним из основных направлений исследований. В настоящее время чл.-корр. РАН В.В. Сагарадзе является одним из признанных ведущих специалистов в России и мире в области радиационного материаловедения конструкционных материалов для ядерной и термоядерной энергетики. Им (вместе с соавторами) показана возможность резкого снижения распухания сталей при нейтронном облучении в результате введения высокой плотности прямых и косвенных стоков точечных дефектов в виде межфазных границ ревертированных аустенит – мартенсит и интерметаллид – матрица. Разработаны стойкие против распухания аустенитные стали с интерметаллидным старением (типа X16H15M3T1), изготовлены особо тонкие трубки для оболочек ТВЭЛов реактора на быстрых нейтронах БН-600. Для реакторов типа БН-600 совместно с ВНИИНМ имени А.А. Бочвара он предложил вариант модернизации состава «штатной» стали ЧС-68, предусматривающий увеличение содержания Ti и Si в целях формирования дисперсных интерметаллидов  $Ni_3Ti(Si)$  и снижения порообразования [3].

История создания в ИФМ АН СССР Нейтронного материаловедческого центра на исследовательском атомном реакторе ИВВ-2 неразрывно связана с реализацией Атомного проекта в СССР. На завершающей стадии проекта по инициативе И.В. Курчатова в 1959 году руководящими органами СССР было принято решение о создании региональных ядерных научно-исследовательских центров. Эти центры должны были решать три основные задачи:

- осуществлять стажировку молодых специалистов для работы на промышленных атомных реакторах;
- проводить фундаментальные научные и прикладные исследования в области атомной науки и техники;
- быть «центрами конденсации» талантливой молодёжи, желающей работать в самых передовых (модных) для того времени научных направлениях, так или иначе связанных с ядерной тематикой.

Идею создать один из таких центров на Урале (в 1963 г.) активно поддержал вице-президент АН СССР М.Д. Миллионщиков. Определяющую роль в вопросах проектирования и сооружения реактора ИВВ-2, а также широкого развития на нём научных исследований сыграли академики С.В. Вонсовский и Н.А. Доллежал, директор ИФМ АН СССР М.Н. Михеев и В.И. Зеленов – будущий директор СФ НИКИЭТ. Строительство первой очереди комплекса СФ НИКИЭТ начали в 1965 г. на долевых началах МСМ СССР (14 млн руб.) и АН СССР (7 млн руб.). Заинтересованность АН СССР в то время в сооружении атомного реактора на Урале, инициированная С.В. Вонсовским, была связана с необходимостью создания мощ-

ного источника тепловых нейтронов для развития и практического использования, главным образом, методов магнитной нейтронографии для исследований в области физики магнитных явлений, поскольку в ИФМ АН СССР сложилась и успешно функционировала общепризнанная школа магнетизма С.В. Вонсовского.

Физический пуск реактора ИВВ-2 состоялся в апреле 1966 г. К этому времени в ИФМ АН СССР уже была создана лаборатория магнитной нейтронографии (ЛМН), которую возглавил профессор С.К. Сидоров, вернувшийся в 1963 г. в ИФМ после 14 лет работы на предприятиях МСМ СССР (С.К. Сидоров, научный сотрудник лаборатории фазовых превращений, и М.В. Якутович, заведующий лабораторией механических свойств ИФМ АН СССР, по распоряжению И.В. Сталина были переведены в 1949 г. на работу на комбинат 813 МСМ СССР, ныне Уральский электрохимический комбинат, где уже работал переведённый ранее в 1947 г. сотрудник института П.А. Халилеев, а в 1955 г. начал работать автор этих строк).

В 1964 г. С.К. Сидоров построил феноменологическую теорию намагниченности неупорядоченных твердых растворов со смешанным ферро- и антиферромагнитным обменным взаимодействием, которая хорошо описывала существующую и полученную в дальнейшем экспериментальную ситуацию. В основе теории было



Б.Н. Гощицкий и др. на реакторе

предположение, что локальные магнитные моменты атомов не зависят от состава твердого раствора, а от концентрации зависят только локальные дезориентации спинов относительно направления спонтанной намагниченности. Эта теория определила одно из главных направлений экспериментальной деятельности лаборатории магнитной нейтронографии в течение трех последующих десятилетий [4].

Первыми сотрудниками лаборатории были лаборанты: Б.Д. Антонов и И.Я. Гетман; научные сотрудники: А.В. Дорошенко, Ю.А. Изюмов, В.В. Келарев, В.В. Ключин, А.З. Меньшиков. Состав пополнялся выпускниками УрГУ (В.Е. Архипов, А.П. Вохмянин, Ю.А. Дорофеев, С.Ф. Дубинин, М.В. Медведев, Ю.Н. Михайлов, Ю.Н. Скрябин), ФТФ УПИ (В.И. Бобровский, В.Г. Вологин, В.А. Казанцев, П.М. Коротовских, А.В. Мирмельштейн, В.В. Петров, С.Г. Теплоухов, В.Г. Чудинов, Ю.Г. Чукалкин), ТПИ (В.Д. Пархоменко), МИФИ (А.И. Козлов). В 1965 г. С.В. Вонсовский и С.К. Сидоров пригласили на работу в лабораторию начальника лаборатории комбината 813 МСМ СССР Б.Н. Гощицкого, которому было поручено развитие и руководство работами по радиационной физике и нейтронной спектроскопии. В теснейшем творческом и дружеском сотрудничестве с руководителями СФ НИКИЭТ (В.И. Зеленовым, В.И. Власовым и С.Г. Карпечко) в период проектирования и строительства реактора ИВВ-2 на горизонтальных пучках тепловых нейтронов создавался комплекс нейтронографических установок различного назначения для исследований в области физики твёрдого тела.

Экспериментаторы лаборатории стажировались на действующих нейтронографических установках в ИТЭФ, ИАЭ, ИФ Латвийской ССР, собственными силами сооружали приборную базу (отливали свинцовые кирпичи, бетонировали фундаменты под приборы, монтировали и юстировали дифрактометры, проектировали сопутствующую аппаратуру). В этих работах принимала активное участие Алла Венедиктовна Дорошенко, одна из двух молодых женщин-учёных во всём СССР, которые добровольно взяли на себя труд не только заниматься нейтронографией, но и создавать для этой науки «тяжёлую» экспериментальную технику. Теоретики под руководством Ю.А. Изюмова по поручению С.В. Вонсовского разрабатывали теорию рассеяния нейтронов на магнитоупорядоченных кристаллах, и уже в 1966 г. вышла в свет монография «Магнитная нейтронография» Ю.А. Изюмова и Р.П. Озерова. Эта первая в мировой литературе книга по теории и практике нейтронографического эксперимента на магнетиках стала эффективным руководством для экспериментаторов. За развитие методов исследования структуры вещества на исследовательских атомных реакторах Ю.А. Изюмов был удостоен в 1986 г. Государственной премии СССР в составе коллектива исследователей из ИАЭ, ЛИЯФ и ОИЯИ.

Для постановки и развития работ по радиационному материаловедению реакторных материалов по согласованию ведомств в июне 1966 г. в СФ НИКИЭТ на должность руководителя соответствующего Отдела был переведён к.ф.-м.н. В.В. Ключин. В целях научно-технического обеспечения работ на пучках быстрых и тепловых нейтронов по предложению Б.Н. Гощицкого в 1969 г. в ИФМ был создан научно-технический Отдел работ на атомном реакторе в составе следующих подразделений:

- служба ядерно-физической электроники,
- служба экспериментальных стендов в физзале реактора,
- служба радиационного металловедения,
- служба низкотемпературной радиационной физики.

Главным инженером отдела был назначен В.Г. Чудинов. Он же создал группу машинного моделирования эффектов взаимодействия быстрых нейтронов с металлами, сплавами и соединениями (Н.В. Мосеев) и успешно руководил созданием источников «холодных» и «горячих» нейтронов (Б.Г. Полосухин). В 1989 г. этот Отдел был преобразован в научный отдел работ на атомном реакторе (ОРАР, заведующий Б.Н. Гощицкий) в составе лабораторий:

- радиационной физики и нейтронной спектроскопии (зав. Б.Н. Гощицкий),
- магнитной нейтронографии (зав. А.З. Меньщиков),
- облучений (зав. В.Д. Пархоменко);

и служб:

- ядерно-физической электроники (рук. А.И. Козлов),
- криогенного обеспечения работ (рук. В.Ф. Онищенко),
- механического обеспечения работ (рук. Я.Ш. Хейнштейн).

Полномасштабные эксперименты исследования непосредственно на пучках тепловых нейтронов реактора ИВВ-2 были начаты в 1967 г. Период с 1963 г. по 1968 г. можно обоснованно считать периодом становления школы магнитной нейтронографии С.К. Сидорова. Успех и признание результатов исследований в этом научном направлении, несомненно, были обусловлены творческим сотрудничеством экспериментаторов и теоретиков ЛМН. Разработки теоретиков: методы симметричного анализа данных нейтронного дифракционного эксперимента (Ю.А. Изюмов, В.Е. Найш, С.Б. Петров, В.Н. Сыромятников [5]); общая теория малоуглового рассеяния в неоднородных веществах, в которых существуют мелкодисперсные включения в магнитную матрицу (Ю.Н. Скрыбин с сотрудниками [6]); теория разрешения, фокусировки и оптимизации параметров нейтронно-оптического эксперимента (В.И. Бобровский, И.Л. Ждахин [7]) – позволили экспериментато-



Б.Н. Гощицкий и В.И. Бобровский. Рабочие моменты.



рам формулировать однозначные трактовки экспериментальных данных и улучшать качество эксперимента.

В обеспечение направлений фундаментальных научных и прикладных исследований Институт физики металлов УрО РАН в настоящее время располагает на атомном реакторе ИВВ-2М комплексом уникальных современных экспериментальных установок и методик, позволяющих проводить облучения различных материалов быстрыми нейтронами и гаммаквантами в разных внешних условиях, изучать атомную и магнитную структуру и динамику конденсированных сред методами рассеяния тепловых нейтронов, гальваномагнитные и тепловые свойства кристаллов, в том числе радиоактивных, в широком интервале температур,



Президент АН СССР, академик А.П. Александров на Белоярской атомной электростанции



1-й секретарь Обкома КПСС Б.Н. Ельцин знакомится с НМЦ и Биостанцией ИЭРЖ УрО РАН

магнитных полей и давлений. Сотрудниками ОРАР были организованы и проведены 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 15 и 18-е Всесоюзные (всероссийские) совещания по использованию рассеяния тепловых нейтронов в исследованиях конденсированного состояния вещества.

Фундаментальной проблемой, которую решает коллектив нейтронографистов ОРАР, является проблема магнетизма сильнокоррелированных систем, в частности влияние магнитной кристаллической анизотропии (МКА) на магнитные свойства и изотропного магнитоупругого взаимодействия (МУВ) на решеточные и магнитные свойства магнетиков. Особый интерес представляют ситуации, когда энергия МКА и энергия МУВ сравнимы по величине с энергией обменного взаимодействия.

Изучение концентрационной зависимости спонтанного момента в сплавах со смешанным обменным взаимодействием типа  $Me-Mn$  ( $Me$  – переходный металл) и его исчезновение при некоторой критической концентрации  $Mn$  позволило установить, что причиной такого необычного поведения является наличие ферромагнитных ( $Me-Me$ ,  $Me-Mn$ ) и антиферромагнитного ( $Mn-Mn$ ) обменных взаимодействий. В результате конкуренции этих взаимодействий в сплаве возникает неоднородная магнитная структура с ориентацией атомных магнитных моментов, зависящих от его окружения (А.В. Дорошенко, Ю.А. Дорофеев, С.Ф. Дубинин, С.К. Сидоров) [8].

Оказалось, что подобных сплавов очень много, и на основе экспериментальных исследований под руководством А.З. Меньшикова (С.Г. Богданов, Э.З. Валиев, А.Е. Теплых) для них были построены магнитные фазовые диаграммы, в кото-



Председатель УрО РАН, академик Г.А. Месяц знакомится с НМЦ

рых соседствуют ферро- и антиферромагнитные фазы. Эти фазы являются магнитно-неоднородными, и степень их неоднородности определяется данными по малоугловому рассеянию нейтронов (Ю.Н. Скрябин, А.З. Меньшиков). Эффект малоуглового рассеяния также был впервые обнаружен в сплавах Fe–Ni в инвариной области составов (В.Е. Архипов, С.К. Сидоров) [9].

Исследования магнитных свойств и фазовых переходов в сплавах и соединениях 3d-переходных и редкоземельных металлов  $\text{Fe}(\text{Pd}, \text{Pt})_3$ ,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Pt}_3$ ,  $\text{Tb}_3\text{Co}$ ,  $\text{RCo}_5$  ( $\text{R}=\text{Nd}, \text{Sm}, \text{Tb}, \text{Ho}, \text{Dy}$  и др.), инициированные С.К. Сидоровым, были направлены главным образом на выяснение природы высокоанизотропного состояния соединений типа  $\text{RCo}_5$ , обладающих рекордными в то время величинами максимального энергетического произведения. Именно в этом направлении был получен главный научный результат: обнаружение гигантской анизотропии намагниченности в соединениях  $\text{RCo}_5$  (В.В. Келарев, А.П. Вохмянин, А.Н. Пирогов, В.В. Чуев, С.К. Сидоров). С помощью дифракции нейтронов было впервые показано, что величина намагниченности редкоземельной подрешетки в  $\text{RCo}_5$  зависит от её ориентации относительно кристаллографических осей, причем величина эффекта составила около 10%, что в 1000 раз превосходило описанный в литературе эффект анизотропии намагниченности в металлическом никеле [10]. Определение магнитных структур редкоземельных сплавов и соединений (А.П. Вохмянин, А.Н. Пирогов), в основном модулированных магнитных структур, стало логически оправданным развитием этого направления. В частности,

А.Н. Пироговым с коллегами было обнаружено, что интерметаллическое соединение  $TbNi_5$ , считавшееся долгое время простым ферромагнетиком, обладает сложной с двумя волновыми векторами магнитной структурой FAN-типа [11]. В настоящее время А.Н. Пирогов является представителем России в Международной комиссии по магнитным структурам.

Продолжая теоретические представления С.К. Сидорова о магнитных фазовых диаграммах сплавов и соединений со смешанным обменным взаимодействием, А.З. Меньшиков в сотрудничестве с В.А. Казанцевым, А.Е. Теплых и другими установил вид диаграмм магнитного состояния для ряда двойных и тройных ГЦК неупорядоченных сплавов переходных металлов на основе железа и никеля. Впервые было показано, что концентрационные магнитные фазовые переходы в подобных системах приводят к возникновению спинстекольного состояния в окрестности критической концентрации. Эти диаграммы широко цитируются в научных кругах, учебной и технической литературе [12]. С момента создания лаборатории магнитной нейтронографии А.З. Меньшиков занимался решением инварной проблемы. Он в соавторстве с сотрудниками (С.Г. Богдановым, Э.З. Валиевым, В.А. Казанцевым, А.Е. Теплых) получил следующие важные результаты [13]:

- Методом малоуглового рассеяния нейтронов обнаружены магнитные неоднородности в железоникелевом инварном сплаве, существующие в широком интервале температур. Определены размер и амплитуда этих неоднородностей.
- Обнаружен и исследован ближний атомный порядок в инварном сплаве и определены параметры ближнего атомного порядка в железоникелевом инваре.
- С помощью магнитных измерений и рассеяния нейтронов изучена проблема скрытых магнитных возбуждений в железоникелевом инваре.
- В рамках теории молекулярного поля рассчитан инварный эффект в железоникелевых сплавах. Показано, что физическая причина аномалий в коэффициенте линейного расширения состоит в особенностях обменного взаимодействия ближайших атомов железа. Давление магнитной системы, компенсирующее тепловое расширение, возникает внутри магнитных неоднородностей, центрами которых являются статистические флуктуации из атомов железа, окруженные в первой координационной сфере только атомами железа. Сформулированы признаки (критерии) инварности, на основе которых создан сплав с аномальным коэффициентом линейного расширения, превосходящий по своим параметрам классический инвар. Полученные результаты позволили понять причины инварных аномалий и развить феноменологическую теорию для расчета этих аномалий.

Методами упругого диффузного и неупругого когерентного рассеяния нейтронов получены (Ю.Н. Михайлов) данные о статических смещениях атомов и упругих постоянных в железоникелевых сплавах с большим содержанием железа. Эти параметры классифицированы относительно инварного эффекта и мартенситных превращений. Обнаружено, что продольные длинноволновые статические смещения атомов в направлении  $[110]$  связаны с возникновением инварного эффекта, так как они появляются при температурах, где коэффициент теплового расширения начинает отклоняться от чисто решеточного вклада. Ниже  $T_c$  дополнительному усилению инварного эффекта способствуют такие же смещения атомов в  $[001]$ - и  $[111]$ -направлениях и смягчение продольных упругих постоянных первого звука. Начало предмартенситных явлений связано с поперечными длинноволновыми статическими смещениями атомов в  $[110]$ - и  $[001]$ -на-

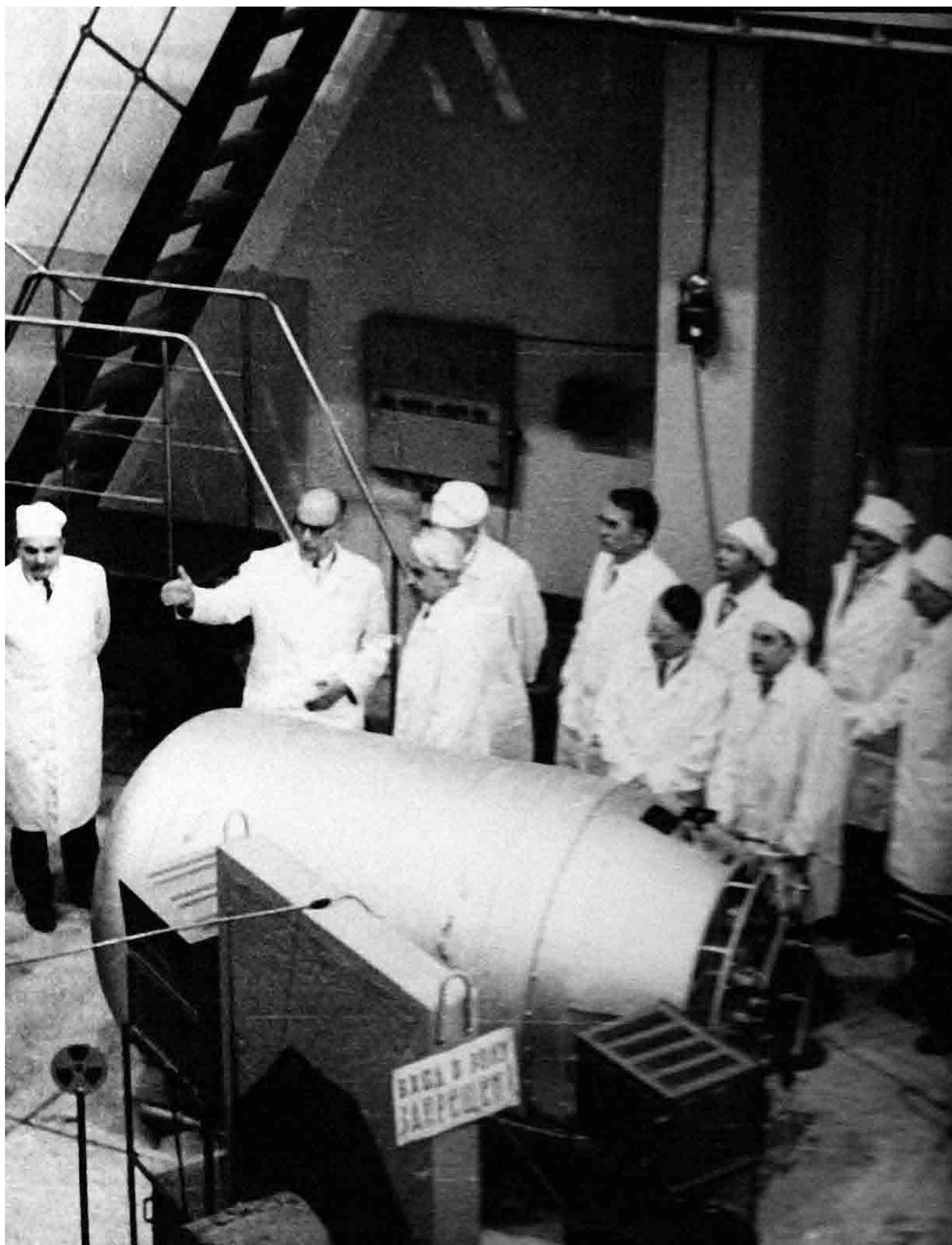
правлениях, которые отмечаются при температурах, соответствующих таковым при зарождении в сплавах ближнего ферромагнитного порядка. Ниже точки Кюри к мартенситным превращениям имеет отношение упругая постоянная первого звука испытывающая смягчение при этих температурах [14].

В исследованиях, проводимых в ОРАР, широко используется метод малоуглового рассеяния тепловых нейтронов (С.Г. Богданов). Приведем наиболее значимые результаты, полученные с помощью этого метода.

- Объяснен эффект гигантского малоуглового рассеяния в сплаве  $Fe_3-Pt$  [15].
- Детально проанализированы величина эффекта и уширение инструментальной линии из-за многократного малоуглового рассеяния нейтронов при произвольном значении борновского параметра [16].
- Обнаружены вакансионные кластеры, образующиеся при облучении никелида титана быстрыми нейтронами, и определены их характерные параметры [17].

Методами ядерного, магнитного и малоуглового рассеяния тепловых нейтронов в ОРАР также исследуют микро- и макроструктуры неупорядоченных объектов (сорбенты, гели, нанокристаллические материалы). Э.З. Валиевым разработана магнитострикционная модель ферромагнетика и её обобщение для расчета свойств ферри- и антиферромагнетиков. На основе этой модели были объяснены аномалии теплового расширения и упругих свойств инваров и элинваров и дисперсия скорости звука в железоникелевом инваре. С помощью нее же впервые рассмотрены особенности магнитных фазовых переходов первого рода в соединениях редкоземельных элементов с 3d-переходными металлами и объяснен гигантский магнитокалорический эффект в интерметаллиде лантан-железо-кремний. Им же совместно с коллегами развита теория дифракционных эффектов на флуктуациях атомных смещений в ферромагнетиках с сильной магнитострикцией – методика нейтрон-дифракционного исследования сорбционных свойств катализаторов и сорбентов [18, 19].

В 1987 г. по инициативе А.В. Мирмельштейна были начаты исследования эффектов кристаллического поля (КЭП) в ВТСП-купратах и родственных соединениях с помощью неупругого рассеяния нейтронов, причем впервые нейтронная спектроскопия кристаллического поля использована для изучения сверхпроводящих систем. В большом цикле работ, выполненных А.В. Мирмельштейном с сотрудниками (А.А. Подлесняком, В.И. Бобровским, И.Л. Ждахиним) и группой проф. А. Фуррера (Швейцарский федеральный технологический институт, Цюрих), показано, что нейтронная спектроскопия КЭП обладает локальной чувствительностью к распределению зарядов в сверхпроводящих медь-кислородных слоях. В результате установлено, что при уровнях допирования ниже оптимального, соответствующего максимуму  $T_c$  в данном соединении, электронная система ВТСП-купратов является неоднородной. Позднее (в соавторстве с А.А. Подлесняком, В.И. Бобровским, Н.О. Голосовой и А. Фуррером) было впервые экспериментально доказано, что пространственная неоднородность электронной системы купратов сохраняется также и в глубоко передопированном режиме. В 2003 г. электронная неоднородность и псевдощелевое поведение экспериментально обнаружены в электронно-допированных высокотемпературных сверхпроводниках методами ЯМР-спектроскопии (совместно с С.В. Верховским и др.). Обобщение этих результатов привело к заключению о внутренней электронной неоднородности, присущей сверхпроводящим составам медь-кислородных сверх-



Президент АН СССР, академик М.В. Келдыш знакомится с НМЦ

проводников, об отсутствии фундаментальной электрон-дырочной асимметрии в ВТСП-системах и формулировке фундаментального положения о том, что физика ВТСП-купратов определяется взаимодействием (interplay) сосуществующих и конкурирующих между собой основных состояний различной природы [20]. Систематически изучены зарядовые состояния плоскостей в широком наборе высокотемпературных сверхпроводников при дырочном и электронном допировании. Показано, что переход металл–диэлектрик в купратах связан с зарядовым упорядочением в плоскостях  $\text{CuO}_2$ , когда происходит кластерная сегрегация носителей в протяженные лентовидные структуры. Впервые экспериментально доказано, что для ВТСП-купратов характерно сосуществование кластеров с различным уровнем допирования. С ростом допинга концентрация носителей заряда в кластерах не изменяется, а увеличивается объем кластеров с повышенной концентрацией дырок (В.И. Бобровский, А.В. Мирмельштейн, А.А. Подлесняк) [21]. За исследования природы ВТСП методом спектроскопии кристаллических электрических полей А.А. Подлесняк в 1989 году был удостоен премии Ленинского комсомола в составе авторского коллектива.

Создание (И.Ф. Бергер, В.И. Воронин, Я.Ш. Хейнштейн) нейтронного дифрактометра высокого разрешения и оснащение его различными приставками (дав-



С.П. Капица знакомится с НМЦ и Биостанцией ИЭРЖ УрО РАН

лением, температурой) позволило изучать (И.Ф. Бергер, В.И. Воронин) такие экзотические материалы, как газовые клатраты при высоких давлениях (как источники неограниченных запасов нового типа топлива). К наиболее интересным из этих результатов можно отнести открытие нового структурного типа газовых гидратов (система аргон – вода), а также образование новой газогидратной фазы за счет индуцированного давлением заполнения молекулами гостя малых полостей газогидратного каркаса (вакантных в гидрате, существующем при более низком давлении) в системе гексафторид серы – вода [22]. Значительный вклад в понимание природы и механизмов возникновения суперионного состояния в твердых электролитах внесли высокотемпературные нейтронографические исследования. Впервые была расшифрована (В.И. Воронин) кристаллическая структура низко- и высокотемпературной (в суперионном состоянии) фаз  $\text{Re}_3\text{PO}_4$  (Re=K, Rb, Cs). Показано, что суперионное состояние формируется при динамическом разупорядочении решетки в кубической фазе и «плавлении» подрешетки щелочных металлов с появлением движения атомов Re, коррелированного с вращением полиэдров  $\text{PO}_4$ , так называемый механизм пароходного колеса [23].

В последнее время существенно возрос интерес к исследованиям легированных полупроводниковых соединений  $\text{Zn}_{1-x}\text{Me}_x\text{Se}$ , которые относятся к широкому классу веществ  $\text{A}_2\text{B}_6$ . Этот интерес главным образом связан с идеей создания электронных приборов со спиновой поляризацией тока. Методами нейтронной дифракции изучены монокристаллы соединений, в которых в качестве допантов использовали следующие 3d-элементы: Ni, Cr, V, Fe, Mn, Co. В.И. Максимов, С.Ф. Дубинин и другие впервые показали, что в соединениях с первыми четырьмя допантами в широкой температурной области имеют место два типа локальных ян-теллеровских искажений кубической кристаллической решетки: нанодоформации тригонального типа, обусловленные ионами  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{V}^{2+}$ ; искажения тетрагонального типа, индуцированные ионами  $\text{Cr}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ . Было установлено также, что элементы  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  не относятся к классу ян-теллеровских ионов [24].

Исследовательский атомный реактор является, в частности, уникальным инструментом для изучения радиационных эффектов в конденсированных средах. С помощью пучков быстрых нейтронов можно дозированно вводить в массивные образцы радиационные дефекты, равномерно распределённые по объёму, а с помощью пучков тепловых нейтронов – нейтронографическими методами следить за изменениями кристаллической и магнитной структуры и фазового состава облучаемых материалов. Фундаментальные научные и прикладные исследования (рук. Б.Н. Гощицкий) в этой области были начаты в 1969–1970 гг. на оксидных магнетиках, в 1976 – на сверхпроводниках, в 1995 – на конструкционных реакторных материалах различного состава в двух направлениях:

- изучение радиационных эффектов в функциональных материалах различного назначения, в том числе для специальной техники, в целях разработки рекомендаций по улучшению их свойств;
- изучение радиационных эффектов в сложных кристаллических соединениях с экстремальными магнитными и электрическими свойствами методом радиационного разупорядочения в целях уточнения представлений о природе таких свойств.

В радиационных исследованиях основной упор был сделан на изучение эффектов низкотемпературного облучения, когда возникающие дефекты «заморожены», что очень важно для фундаментальной науки и практики. Для облучений

в активной зоне реактора при температуре жидкого азота в 1974 г. был разработан и изготовлен не имеющий аналогов в мире канал-криостат конденсационного типа, отличающийся предельной простотой конструкции и очень высокой надежностью (В.Д. Пархоменко, П.М. Коротовских, В.Ф. Онищенко) [25].

В 1969–1970 гг. был разработан и широко используется в ведущих ядерных центрах уникальный метод исследования физических свойств конденсированных сред – радиационное разупорядочение упорядоченных кристаллов без изменения их стехиометрического состава и макрооднородности (Б.Н. Гощицкий, С.Ф. Дубинин, В.Д. Пархоменко, Ю.Г. Чукалкин). Было показано, что введение радиационных дефектов атомного масштаба переводит упорядоченные кристаллические соединения в новые термодинамически неравновесные структурные состояния с необычными физическими свойствами, которые невозможно получить традиционными технологическими приемами. Эти состояния устойчивы во времени и отжигаются при температурах 800–1000 К. Изучение отклика кристаллов на такое воздействие даёт уникальную информацию об особенностях их электронной и решёточной подсистем, определяющих экстремальные физические свойства вещества в исходном необлучённом состоянии. Открыты и рассмотрены такие состояния в различных классах окисных магнетиков и сверхпроводников [26].

В оксидах со структурами шпинели (ферритов, хромитов, марганитов), магнетоплюмбита, граната, перовскита и интерметаллидов ( $\text{Ce}_2\text{Fe}_{17}$ ,  $\text{Er}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$  и  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$ ) было установлено, что наиболее сильным эффектом облучения является структурное разупорядочение, т.е. перераспределение атомов (катионов) по неэквивалентным узлам кристаллической решетки. Структурные последствия радиационного разупорядочения зависят от типа кристаллической решетки: структуры шпинели и магнетоплюмбита адаптируются к разупорядочению, не теряя трансляционной симметрии; в случае гранатов, перовскитов и интерметаллидов разупорядочение приводит к аморфизации кристаллов по «дисторсионному» механизму (С.Ф. Дубинин, В.Д. Пархоменко, Ю.Г. Чукалкин). Радиационное разупорядочение радикально изменяет магнитное состояние большинства исследуемых соединений. В результате исследований обнаружены разнообразные превращения спинового упорядочения, конкретный характер которых определяется структурными особенностями возникающего разупорядоченного состояния: антиферромагнетик – ферро- (ферри-) магнетик, парамагнетик – ферри-магнетик, неколлинеарный ферримагнетик – коллинеарный ферримагнетик, антиферромагнетик – спиновое стекло, ферримагнетик – спиновое стекло. Общим для всех этих магнитных превращений является то, что они происходят в основном в результате радиационного изменения геометрии обменных связей при неизменном составе образца (Ю.Г. Чукалкин, В.Г. Вологин, В.В. Петров, В.Р. Штирц).

Одним из значительных результатов, полученных в пионерных работах ОРАР по исследованию воздействия нейтронного облучения на свойства материалов, считается впервые экспериментально обнаруженное явление разбиения каскада атомных столкновений на субкаскады. Интересна история исследования этого явления. На одном из научных семинаров ОРАР был представлен результат, из которого следовало, что в результате нейтронного облучения часть образца, охваченная каскадами атомных столкновений, переходит из ферримагнитного состояния в ферромагнитное. Ю.А. Изюмов тут же предложил подобрать вещества, в которых в результате облучения в парамагнитной матрице образовались бы ферро-

магнитные области и, используя хорошо известное в магнетизме явление – суперпарамагнетизм, методами магнитных измерений определить размер и концентрацию ферромагнитных частиц. Эти работы были выполнены на цинковом феррите  $ZnFe_2O_4$  и сплаве  $Pt_3Fe$  (В.Д. Пархоменко, С.Ф. Дубинин) [27]. Было показано, что при облучении вещества, состоящего из атомов с существенно различными массами, количество образовавшихся ферромагнитных областей значительно превышает количество первично выбитых атомов, т.е. каскад атомных столкновений разбивается на субкаскады. Позднее этот результат был подтвержден при исследовании облученного сплава  $Cu_3Au$  методами электронной микроскопии.

В традиционных сверхпроводниках (интерметаллидах  $Nb_3Sn$ ,  $V_3Si$ ,  $V_2Hf$  и  $V_2Zr$ , фазах Шевреля) экспериментально было однозначно установлено, что уменьшение или рост  $T_c$  при разупорядочении обусловлены размытием пика в плотности состояний близи уровня Ферми и изменениями низкочастотной части спектра фононных возбуждений (В.Е. Архипов, В.И. Воронин, Б.Н. Гощицкий, С.А. Давыдов, А.Е. Карькин, А.В. Мирмельштейн) [28].

В сверхпроводящих купратах (ВТСП) были выявлены характерные особенности их электронной системы, имеющие принципиальное значение для построения адекватной теории высокотемпературной сверхпроводимости: экспоненциальная зависимость электросопротивления от концентрации радиационных дефектов атомного масштаба; определяющая роль двумерного характера движения носителей заряда и слабой локализации в формировании свойств нормального состояния с высокими  $T_c$ ; сохранение d-симметрии энергетической щели до высоких степеней беспорядка (В.И. Бобровский, В.И. Воронин, Б.Н. Гощицкий, С.Е. Давыдов, А.Е. Карькин, А.В. Мирмельштейн) [29]. Методом радиационного разупорядочения исследовано влияние нейтронного облучения на электронные свойства в нормальном и сверхпроводящем состояниях слоистых сверхпроводников нового поколения (пниктидах и халькогенидах переходных металлов). На примере  $LaFeAsO_{0.9}F_{0.1}$  установлено [30] следующее.

– В облученных образцах формируются наноразмерные области с локализованными магнитными моментами, концентрация которых увеличивается пропорционально флюенсу нейтронов.

– С ростом радиационно-индуцированного структурного беспорядка происходит подавление псевдощели в плотности состояний вблизи энергии Ферми упорядоченного пниктида. В несверхпроводящем образце  $LaO_{0.85}F_{0.15}FeAs$  с максимальной концентрацией радиационных дефектов температурная зависимость скорости спин-решеточной релаксации  $^{75}As$  приобретает вид  $T1(T) \sim T$ , типичный для систем с изотропным 3D-характером движения электронов в зоне проводимости.

– Уменьшение температуры сверхпроводящего перехода при облучении связано с сокращением времени электронной релаксации, что является свидетельством в пользу аномального типа спаривания в сверхпроводниках на основе железа. Установленные закономерности радиационного поведения упорядоченных соединений позволяют использовать облучение быстрыми нейтронами не только как метод исследования в области физики твердого тела (магнетизм, сверхпроводимость), но и как способ радиационного синтеза веществ с новыми свойствами. За цикл работ «Эффекты сильного разупорядочения в высокотемпературных сверхпроводниках – теория и эксперимент» Б.Н. Гощицкий и М.В. Садовский в 2002 г. были удостоены Премии РАН им. А.Г. Столетова.

В заключение необходимо сказать, что упомянутые выше исследования и результаты могли быть получены только при эффективной поддержке специалистов высочайшей квалификации служб технического обеспечения: ускорительщиков А.Э. Давлетшина и В.А. Павлова; электроников А.И. Козлова, В.В. Чернобровкина, В.Я. Баянкина, В.Н. Кавешникова, М.Б. Дорофеевой; криогеников В.Ф. Онищенко, Н.А. Горбунова, В.П. Панюшина; конструкторов-механиков Я.Ш. Хейнштейна, О.А. Полосухиной; мастеров «золотые руки» В.С. Анисимова, В.В. Волонина, В.Н. Паныпина, А.В. Рыбникова, А.В. Трефилова, В.Ф. Чернышова; операторов облучательных каналов В.Н. Мордасова, В.Т. Попченкова. Непрерывную круглосуточную работу оборудования на нейтронных пучках обеспечивает вахтенный персонал. Первыми заступили на вахту в 1969 г. Т.И. Левит (Долгодворова), В.Ф. Пушкарёва, Н.С. Фефелова (Соколова), чуть позже Л.В. Виноградова (Зенкова), Л.Н. Ваганова, М.А. Волонина, Н.П. Захарова (Попова), Л.Н. Панюшина, В.М. Ваганов, С.А. Кирюхин.

Б.Н. Гощицкий

### Список литературы

1. Arbuzov V.L., Goshchitskii B.N., Sagaradze V.V., Danilov S.E., Kar'kin A.E. Accumulation and Annealing of Radiation Defects under Low Temperature Electron and Neutron Irradiation of ODS Steel and Fe-Cr Alloys // *The Physics of Metals and Metallography*, 2010, Vol. 110, No. 4, P. 366–377;  
Danilov S.E., Arbuzov V.L., Kazantsev V.A. Radiation-induced separation of solid solution in Fe-Ni invar // *Journal of Nuclear Materials*, 2011, Vol. 414, P. 200–204;  
Druzhkov A.P., Perminov D.A., Davletshin A.E. The effect of alloying elements on the vacancy defect evolution in electron-irradiated austenitic Fe-Ni alloys studied by positron annihilation // *Journal of Nuclear Materials*, 2009, Vol. 384, P. 56–60.
2. Распопова Г.А., Арбузов В.Л. Захват дейтерия в облученном никеле // *ФММ*, 2009, Т. 107, № 1, С. 63–72;  
Druzhkov A.P., Arbuzov V.L., Danilov S.E. The effect of deuterium and tritium on formation and annealing of vacancy-type defects in deformed nickel // *Phys. Stat. Sol. (a)*, 2008, Vol. 205, P. 1546–1551.
3. Сагарадзе В.В., Лапин С.С. Нетрадиционные подходы к сдерживанию радиационного распухания нержавеющей стали // *ФММ*, 1997, Т83, № 4, С.129–144.
4. Сидоров С.К., Дорошенко А.В. О зависимости среднего магнитного момента на атом сплава от содержания Mn в неупорядоченных Ni-Mn сплавах // *ФММ*, 1964, Т. 8, № 6, С.811–820.
5. Изюмов Ю.А., Найш В.Е., Сыромятников В.Н., Петров С.Б. Теоретико-групповой подход к расшифровке нейтронограмм для определения магнитной структуры кристалла. II. Определение магнитной структуры // *ФММ*, 1979, Т. 47, № 3, С. 455–463.
6. Скрябин Ю.Н. Теория рассеяния нейтронов в магнетиках // *ТМФ*, 2011, Т. 168, № 3, С. 551–570.

7. Бобровский В.И. Описание формы линии брэгговских пиков в порошковых нейтронных дифрактометрах с учетом пространственных эффектов // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, 2010, № 2, С.5–13.
8. Kelarev V.V., Chuev V.V., Pirogov A.N., Sidorov S.K. Anisotropy and exchange effect in heavy rare-earth cobalt compound of the  $RCo_5$  type // *Phys. Stat. Sol. (a)*, 1983, Vol. 79, P. 57–66 (1983).
9. Меньшиков А.З., Сидоров, С.К., Архипов В.Е. Магнитная структура ГЦК железо-никелевых сплавов // *ЖЭТФ*, 1971, Т. 61, № 1 (7), С. 311–319.
10. Ермоленко А.С., Розенфельд Е.В., Ирхин Ю.П., Келарев В.В., Рожда А.Ф., Сидоров С.К., Пирогов А.Н., Вохмянин А.П. Влияние магнитной анизотропии на температурную зависимость намагниченности некоторых соединений типа  $RCo_5$  // *ЖЭТФ*, 1975, Т. 69, № 5(11), С. 1743–1752.
11. Pirogov A.N., Park J.-G., Ermolenko, A.S., Korolev, A.V., Kuchin A.G., Lee S., Choi Y.N., Park Ju., Mahipal Ranot, Jungwan Yi, Gerasimov E.G., Dorofeev Yu.A. Vokhmyanin A.P., Podlesnyak A.A., Swainson L.P.  $Tb_xEr_{1-x}Ni_5$  compounds: An ideal model system for competing Ising-XY anisotropy energies // *Physical Review B*, 2009, Vol. 79, P. 174412.
12. Menshikov A.Z. Magnetic phase diagrams in systems with several related order parameters // *Physica B+C*, 1988, Vol. 149, P. 249–254.
13. Menshikov A.Z. On the invar problem // *Physica B: Condensed Matter*, 1989, Vol. 161, P.1–8.
14. Михайлов Ю.Н., Казанцев В.А. Магнитное состояние, упругие постоянные и длинноволновые статические смещения атомов в  $\gamma$ -FeNi сплавах // *Кристаллография*, 2008, Т. 53, № 1, С. 13–17.
15. Bogdanov S.G., Valiev E.Z., Menshikov A.Z. On the nature of giant small-angle neutron scattering in  $Fe_3Pt$  // *Solid State Comm.*, 1990, Vol. 76, P. 809–813.
16. Богданов С.Г., Меньшиков А.З. Многократное малоугловое рассеяние нейтронов при произвольном значении борновского параметра // *ЖЭТФ*, 2000, Т. 117, № 1, С. 122–135.
17. Пархоменко В.Д., Дубинин С.Ф., Богданов С.Г. и др. Вакансионные кластеры в облучённом быстрыми нейтронами никелиде титана // *ФММ*, 2002, Т. 94, С. 34–41.
18. Валиев Э.З. Феноменологическая теория магнитоупругого взаимодействия в инварах и элинварах // *УФН*, 1991, Т. 161, № 1, С. 87–128.
19. Валиев Э.З., Богданов С.Г. Дорофеев Ю.А., Пирогов А.Н., Шарыгин Л.М., Барыбин В.И., Смышляева О.Ю. Малоугловое рассеяние нейтронов на ксерогеле твердого раствора оксидов титана, олова и циркония // *ЖЭТФ*, 1991, Т. 100, № 3(9), С. 1000–1008.
20. Furrer A., Allenspach P., Mesot J., Staub U., Blank C., Mutka H., Vettier C., Kaldis E., Rusieki C., Karpinski J., Mirmelstein A. Neutron spectroscopic studies of the relation between superconductivity and the crystal field in high-temperature superconductors // *Europ. J. Solid State Inorg. Chem.*, 1991, Vol. 28, P. 627–634;

Verkhovskii S., Mikhalev K., Gerashenko A., Piskunov Yu., Kazantsev V., Bobrovskii V., Mitberg E., Podlesnyak A., Mirmelstein A. Electronic inhomogeneity and possible pseudogap behavior of spin susceptibility in the electron-doped superconductor  $Sr_{0.93}La_{0.07}CuO_2$ :  $^{63}Cu$  NMR study // *Journal of Superconductivity: Incorporating Novel Magnetism*, 2003, Vol. 61, P. 543.

21. Mirmelstein A., Podlesnyak A., Bobrovskii V., Zhdakhin I. Crystal-field spectrum in  $RBa_2Cu_3O_x$  ( $R=Er, Ho$ ) high- $T_C$  superconductors: evidence for charge order in  $CuO_2$  planes // *J. Phys.: Cond. Mat.*, 1999, Vol. 11, P. 7155–7177.

22. Aladko E.Ya., Ancharov A.I., Goryainov S.V., Kurnosov A.V., Larionov E.G., Likhacheva A.Yu., Manakov A.Yu., Potemkin V.A., Sheromov M.A., Teplykh A.E., Voronin V.I., Zhurko F.V. New Type of Phase Transformation in Gas Hydrate Forming System at High Pressures. Some Experimental and Computational Investigations of Clathrate Hydrates Formed in the  $SF_6-H_2O$  System // *J. Phys. Chem.*, 2006, Vol. B 100, P. 21371–21376.

23. Воронин В.И., Поносов С.Ю., Бергер И.Ф., Проскурнина Н.В., Зубков В.Г., Тюхюник А.П., Бушмелёва С.Н., Балагуров А.М., Шептяков Д.В., Бурмакин Е.И., Шехтман Г.Ш., Вовкотруб Э.Г. Кристаллическая структура низкотемпературной модификации ортофосфата калия  $K_3PO_4$  // *Неорганические материалы*, 2006, Т. 42, № 8, С. 1001–1006.

24. Максимов В.И., Дубинин С.Ф., Пархоменко В.Д., Суркова Т.П. Динамические деформации кристаллической решетки сфалерита в соединении  $Zr_{1-x}Co_xSe$  ( $x = 0.01$ ) // *ФТТ*, 2011, Т. 53, № 11, С. 2093–2096.

25. Пархоменко В.Д., Гощицкий Б.Н., Дубинин С.Ф., Коротовских П.М., Сидоров С.К., Чуудинов В.Г., Чукалкин Ю.Г. Канал-криостат конденсационного типа для низкотемпературных облучений // *Атомная энергия* 1974, Т. 36, № 1, С. 62–64.

26. Структура и магнитные свойства окисных магнетиков, облученных быстрыми нейтронами. М.: Наука, 1986. 177 с.

27. Пархоменко В.Д., Гощицкий Б.Н., Дубинин С.Ф., Сидоров С.К. О каскадах столкновений в сплавах платина (3)-железо // *ФММ*, 1977, Т. 44, № 2, С. 435–437.

28. Архипов В.Е., Гощицкий Б.Н., Чукалкин Ю.Г. Неравновесные состояния упорядоченных кристаллов, облученных быстрыми нейтронами // *Sov. Scient. Rev. Sec. A: Phys. Rev.*, 1987, Vol. 8, P. 519–608.

29. Влияние облучения на физические свойства перспективных сверхпроводников. М.: Энергоатомиздат, 1989. 223 с.

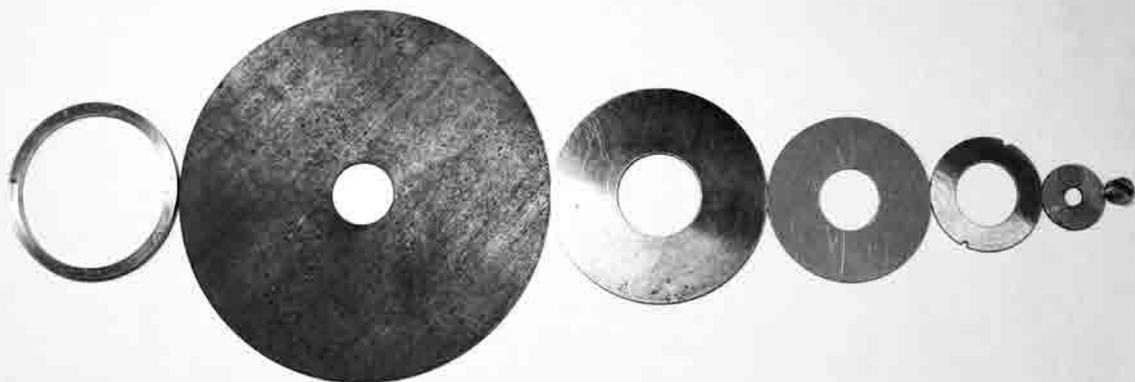
30. Карькин А.Е., Гощицкий Б.Н. Особенности электронных состояний соединений с сильными электронными корреляциями: исследование методом радиационного разупорядочения // *ЭЧАЯ*, 2006, Т. 37, № 6, С. 1533–1591.

31. Karkin A.E., Werner J., Berhand G., Goshchitskii B.N. Neutron-Irradiation Effects in  $LaO_{0.9}F_{0.1}FeAs$  Superconductors // *Phys. Rev. B*, 2009, Vol. 80, P. 174512.

---

# РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ И ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ НА ИХ ОСНОВЕ

---



Группа редкоземельных элементов (металлов) включает элементы 58 – 71 таблицы Менделеева. К ним обычно относят и такие металлы, как Y и La – их химические аналоги. По мере возрастания номера происходит заполнение внутренней  $4f$  оболочки их атомов, заэкранированной внешними  $5s$ - и  $5p$ -оболочками. Электроны  $4f$ -оболочки являются носителями магнитного момента, как  $3d$ -электроны – носителями магнитного момента в переходных  $3d$ -металлах.  $3d$ -электроны являются внешними и легко образуют с  $4s$ -электронами зону проводимости. Поэтому магнетизм  $3d$ -металлов носит коллективизированный зонный характер, в то время как магнетизм редкоземельных металлов – локализованный. Магнитные моменты редкоземельных ионов в металлах мало отличаются от магнитных моментов свободных ионов. Различная природа носителей магнитных моментов приводит к различию магнитных свойств этих двух групп металлов. Редкоземельные металлы обладают большими магнитными моментами, большой магнитокристаллической анизотропией и магнитострикцией, но имеют сравнительно низкие точки Кюри. Переходные  $3d$ -металлы обладают высокими точками Кюри. Поэтому заманчивой идеей было объединить эти элементы в одном веществе. Оказалось, что  $4f$  и  $3d$ -металлы, практически не растворяясь друг в друге, образуют многочисленные соединения с разными стехиометриями и структурами. Их магнитные свойства представляли интерес для практического использования.

## Редкоземельные постоянные магниты первого поколения

В 1966 г. Хоффер и Стрнэт [1] сообщили о необычно высокой энергии одноосной магнитокристаллической анизотропии соединения  $\text{YCo}_5$ , что послужило толчком к началу интенсивных исследований интерметаллидов редкоземельных металлов с 3d-металлами как перспективных материалов для постоянных магнитов. Вскоре были реализованы [2] первые постоянные магниты из порошков соединения  $\text{SmCo}_5$  с максимальным энергетическим произведением  $(BH)_{\text{max}} = 20 \text{ МГсЭ}$ , что вдвое превышало предельно достигаемое значение этой характеристики в лучших традиционных магнитах из сплавов типа тиконал. Обладая к тому же очень высокой (порядка 20 кЭ) коэрцитивной силой, эти магниты позволяли резко улучшать эксплуатационные характеристики устройств, используемых в частности в космической и оборонной технике. Остроту и значимость возникшей проблемы для нашей страны легко представить, если вспомнить, в каком жестком противостоянии с капиталистическим миром она в то время находилась.

Это было, по-видимому, одним из обстоятельств, побудивших заведующего лабораторией ферромагнетизма Я.С. Шура принять решение об освоении технологии получения редкоземельных постоянных магнитов. Для этой цели при заведующем была создана группа в составе: В.С. Аверкиев, В.С. Бойденко, А.В. Дерягин, А.С. Ермоленко, Л.М. Магат, Н.А. Решетников Е.В. Щербакова. Обратим внимание, что в состав группы были включены два лауреата Государственной премии: В.С. Аверкиев и Н.А. Решетников. Они не были научными сотрудниками, но имели большой опыт участия в решении научно-технических проблем.

Дирекция института поддержала инициативу Я.С. Шура, выделила помещение для организации технологического цикла, который включал: синтез исходных сплавов, дробление слитков и их помол в шаровых мельницах, ориентирование порошков в магнитном поле с последующим их прессованием, спекание, шлифовку и измерение магнитных свойств полученного магнита. Исходные сплавы синтезировались в отделе прецизионных сплавов института под руководством Л.В. Смирнова и Е.П. Романова. Основные трудности возникли с прессованием сплавов: создаваемая магнитным полем текстура порошков в значительной степени нарушалась. Н.А. Решетников предложил изостатическое прессование в резиновой втулке, закрытой с торцов резиновыми пластинами. Эффект оказался разительным: удавалось получать текстуру до 98% при достигаемой плотности порошка 70 – 85 %. Дальнейшее уплотнение достигалось в процессе спекания.

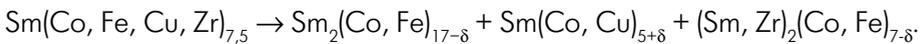
Уже в 1971 г. в лабораторных условиях были получены постоянные магниты на основе сплава  $\text{SmCo}_5$  с магнитными характеристиками на уровне сообщаемых в зарубежной печати [3]. Было освоено изготовление магнитов разных конфигураций (колец, цилиндров, параллелепипедов) и размеров с различным сочетанием магнитных характеристик. Эта работа была продолжена на созданном в лаборатории Я.С. Шуром участке по производству опытных партий магнитов под руководством В.Г. Майкова. Здесь отработывались оптимальные составы сплавов, технологические параметры изготовления магнитов. Работы выполнялись по хозяйственным договорам с промышленными предприятиями, которым передавались опытные образцы вместе с технологией их производства. В последующие годы В.Г. Майковым совместно с А.Г. Поповым и другими была проделана большая работа по отработке технологии получения магнитов из новых сплавов на основе соединений

$\text{Sm}_2(\text{Fe}, \text{Co})_{17}$  и  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ , в частности по получению магнитов с высокой термической стабильностью и низким термическим коэффициентом индукции.

### Редкоземельные постоянные магниты второго и третьего поколений

Второе поколение редкоземельных магнитов связано с разработкой спеченных магнитов из сплавов  $\text{Sm} - \text{Co} - \text{Fe} - \text{Cu} - \text{Zr}$  [4, 5], обладающих наилучшим сочетанием высоких значений  $(BH)_{\text{max}}$  и температурной стабильности магнитных гистерезисных свойств. Они характеризуются следующими свойствами: остаточная индукция  $B_r \geq 11$  кГс, коэрцитивная сила  $H_c \geq 15$  кЭ,  $(BH)_{\text{max}} \geq 30$  МГсЭ. Начиная с 1977 г. в лаборатории ферромагнетизма проводились систематические исследования по установлению связи между магнитными свойствами и структурой этих сплавов.

Твердый раствор с гексагональной структурой типа  $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$  (2:17H), формирующий в сплавах  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_{7,5}$  около 1200 °С, при температуре 800–850 °С распадается на три неравновесные фазы по следующей схеме:



Возникающая специфическая нанокристаллическая структура, состоящая из обогащенных железом ячеек  $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Fe})_{17,8}$  с ромбоэдрической кристаллической структурой 2:17R, по границам которых располагаются слои фазы  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu})_{5+8}$  с гексагональной структурой типа  $\text{CaCu}_5$  (1:5). Ячейки по базисным плоскостям исходной структуры 2:17H разбиваются на двойниковые блоки, и по границам их стыка располагаются тонкие пластинки обогащенной цирконием Z-фазы с примерным составом  $(\text{Sm}, \text{Zr})_2(\text{Co}, \text{Fe})_{7,8}$  и структурой типа  $\text{PuNi}_3$  [6, 7]. Кристаллические решетки всех фаз когерентно сопряжены, а оси с, являющиеся осями легкого намагничивания в 2:17R и 1:5, параллельны друг другу.

Несмотря на то что дисперсная структура сформировалась, значения  $H_c$  сплавов практически важных составов остаются низкими. Рост  $H_c$  происходит при медленном охлаждении магнитов до 400 °С. На этой ступени термообработки медь преимущественно растворяется в фазе 1:5, в результате чего в ней резко понижаются уровни энергии анизотропии K и обмена A. Формирующиеся градиенты граничной энергии являются причиной высоких значений  $H_c$ , обусловленной механизмом задержки смещения доменных границ (ЗСДГ). Причины перераспределения меди между фазами 2:17 и 1:5 оказались наиболее труднообъяснимыми. Для понимания этого явления методами рентгеноструктурного и термоманитного анализов были изучены сплавы с увеличенной объемной долей фазы 1:5 и различным содержанием в ней меди. В этих сплавах было обнаружено явление аномальной температурной зависимости  $H_c$ , [8–10]. Немонотонная зависимость  $H_c(T)$  возникает вследствие изменения механизма перемагничивания от ЗСДГ при  $T < T_c(1:5)$  к неоднородному вращению намагниченности в магнитоизолированных ячейках фазы 2:17R при температурах, превышающих  $T_c(1:5)$ . Явление аномальной температурной зависимости  $H_c$  лежит в основе разработки высокотемпературных спеченных магнитов  $\text{Sm} - \text{Co} - \text{Fe} - \text{Cu} - \text{Zr}$ . В результате детальной оптимизации состава и режимов термической обработки (в США) были реализованы магниты с температурой эксплуатации до 550 °С.

В 1983 г. командой исследователей под руководством Masato Sagawa на фирме «Sumitomo Special Metals» (Япония) была разработана и внедрена тех-

нология массового производства третьего поколения редкоземельных магнитов из сплавов Nd – Fe – В на основе интерметаллического соединения  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  [11]. Внедрение спеченных магнитов Nd – Fe – В было событием большой важности в истории постоянных магнитов: оно исключило зависимость от кобальта, который был необходим для получения высокоэнергетических магнитов в течение длительного времени. Это открытие имеет большое значение, потому что, во-первых, высокоэнергетические магниты были созданы на основе железа, которого в природе существенно больше, чем кобальта, и, во-вторых,  $(BH)_{\text{max}}$  этих постоянных магнитов с легкостью превзошло соответствующие значения магнитов из Sm–Co. В настоящее время достигнутое в лаборатории «Hitachi Metals Co.» рекордное значение  $(BH)_{\text{max}} = 59.5$  МГсЭ, что составляет 92% от теоретического предела для соединения  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ .

Производство спеченных магнитов Nd–Fe–В началось со следующего года после их технической презентации и затем удваивалось ежегодно. Расширение спроса на магниты Nd – Fe – В было вызвано их активным применением в электронной продукции, и прежде всего в приводах жестких дисков компьютеров. Вкладывая мощный научный потенциал и большие финансовые средства, передовые страны Запада и Востока интенсивно осваивали прецизионную технологию производства высококачественных постоянных магнитов из сплавов Nd – Fe – В. Россия вследствие затянувшегося процесса смены экономического уклада существенно отстала в освоении наукоемкой технологии производства магнитов Nd – Fe – В. Более двух десятков лет уровень  $(BH)_{\text{max}}$  магнитов, получаемых в отечественных лабораториях и на производственных предприятиях, не превышал 35 – 40 МГсЭ. Существенный скачок был достигнут в 2009 г., когда совместными усилиями сотрудников лаборатории ферромагнитных сплавов ИФМ, УрГУ и НПП «НеоМаг» с помощью специализированного оборудования на ФГУП «Уральский электро-механический завод» был разработан и внедрен низкокислородный процесс получения магнитов на основе Nd – Fe – В [12 – 14]. Для изготовления магнитов использовалось водородное охрупчивание сплавов типа strip casting, струйное измельчение порошков в атмосфере азота, их текстурирование в сильных импульсных полях и прессование в гидростате. В результате были получены высокоэнергоемкие магниты с  $B_r \geq 14.4$  кГс;  $H_c \geq 10$  кЭ;  $(BH)_{\text{max}} \geq 50$  МГсЭ, а также высококоэрцитивные магниты с  $B_r \geq 12.5$  кГс;  $H_c \geq 25$  кЭ;  $(BH)_{\text{max}} \geq 38$  МГсЭ. Свойства этих магнитов соответствуют мировому уровню и по  $(BH)_{\text{max}}$  на 25% превышают промышленные отечественные аналоги.

Наряду с неоспоримыми преимуществами сплавов Nd – Fe – В, они имеют ряд недостатков по сравнению со сплавами системы Sm – Co. Это, во-первых, низкая температура Кюри соединения  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  (310 °С), во-вторых, низкая коррозионная стойкость, требующая обработки сплавов в атмосфере с минимальным содержанием кислорода, а также не очень высокое значение поля магнитокристаллической анизотропии ( $H_o = 70$  кЭ). Последнее обстоятельство приводит к тому, что измельчением слитков сплавов Nd – Fe – В невозможно получить высококоэрцитивные микрокристаллические порошки, необходимые для изготовления магнитопластов. Высококоэрцитивные порошки получают только с нанокристаллической структурой зерен, используя быструю закалку расплава или механическую активацию сплавов. Наибольший интерес в области этих материалов представляют нанокompозитные сплавы типа  $\alpha\text{-Fe}/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и  $\text{Fe}_3\text{B}/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ , в которых наблюдается увеличение остаточной индукции за счет усиления эффек-

та обменного взаимодействия на границах магнитотвердой  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и магнитомягких  $\alpha\text{-Fe}$  и (или)  $\text{Fe}_3\text{B}$  фаз. Теоретические расчеты предсказывали, что в случае реализации размера  $\alpha\text{-Fe}$  зерен менее 10 мкм возможно достижение  $(BH)_{\text{max}}$  вплоть до 75 МГсЭ, однако на практике удалось получить только 25 МГсЭ. Наряду с неоднородным распределением зерен по размерам и достаточно крупными выделениями  $\alpha\text{-Fe}$  ( $\geq 15$  мкм) исследованиями, выполненными в нашей лаборатории, было показано, что существенной причиной наблюдаемого несоответствия между теорией и экспериментом является выделение промежуточных фаз, таких как  $\text{NdFe}_7$ ,  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{23}\text{B}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{B}$ , при кристаллизации аморфных быстрозакаленных сплавов [15]. Эти фазы препятствуют формированию оптимальной нанокompозитной структуры и ослабляют эффект межзеренного обменного взаимодействия. Была построена неравновесная фазовая диаграмма для сплавов  $\text{Nd}_9\text{Fe}_{91-x}\text{B}_x$ , которая закономерно объясняла изменение их магнитных свойств при кристаллизации [16]. Последующие исследования методом ЯГР показали, что в значительных объемах (до 50 об.%) таких сплавов обнаруживаются нарушения в ближних окружениях, присущих интерметаллическому соединению  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  [17].

Оригинальный подход получения нанокристаллического состояния сплавов  $\text{R} - \text{Fe} - \text{B}$  ( $\text{R} - \text{Pr}, \text{Nd}$ ) методом интенсивной пластической деформации кручения (ИПДК) литых сплавов при комнатной температуре был развит в сотрудничестве с ИФПМ УГАТУ (г. Уфа). Установлено, что воздействием ИПДК интерметаллическое соединение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  аморфизуется с выделением нанокристаллов  $\alpha\text{-Fe}$ , имеющих размер около 10 мкм. При последующих кратковременных отжигах сплавы восстанавливаются в нанокристаллическом высококоэрцитивном состоянии. Показано, что применение ИПДК к быстрозакаленным сплавам способствует повышению их гистерезисных свойств. Выпадающие под действием ИПДК нанокристаллы  $\alpha\text{-Fe}$  выступают в роли дисперсно распределенных центров кристаллизации при последующем отжиге. Это способствует подавлению возникновения промежуточных фаз и благоприятствует формированию однородной нанокристаллической структуры. В итоге получены микромагниты с повышенными значениями остаточной индукции и коэрцитивной силы [18 – 21].

### **Фундаментальные исследования редкоземельных интерметаллидов**

Одновременно с технологическими работами Я.С. Шур организовал группу для исследования фундаментальных магнитных свойств соединений редкоземельных металлов (R) с  $3d$ -металлами. На начальном этапе в нее входили А.С. Ермоленко, А.В. Королев и Е.В. Щербакова. Первой задачей группы было исследование магнитных свойств и процессов перемагничивания сплавов на основе соединений  $\text{RCo}_5$ . В то время они еще не были систематически изучены. Особенно ощущалась необходимость изучения монокристаллических образцов. Наши попытки выращивания монокристаллов были неудачными. К счастью, оказалось возможным «добывать» небольшие монокристаллы из крупнозернистых слитков. Эта методика позволила в дальнейшем вести эксперименты в основном на монокристаллических образцах.

Важным моментом, определившим характер дальнейших исследований, стало освоение работы со сверхпроводящими соленоидами с предельными магнитными полями до 100 кЭ. При активной помощи В.С. Аверкиева и Н.А. Решетнико-



А.С. Ермоленко, А.В. Королев в лаборатории

ва были созданы магнитометры, позволявшие проводить измерения в диапазоне температур от 4.2 до 400 К в соленоиде и до 900 К в электромагните.

В самом начале исследований было обнаружено интересное явление [22]. Монокристаллические образцы  $\text{SmCo}_5$  в виде шаров диаметром около 2 мм после травления в лимонной кислоте их поверхности и намагничивания до насыщения оставались намагничеными и после выключения магнитного поля, т.е. являлись постоянными магнитами. В однородных и однофазных объектах такого размера это наблюдалось впервые. При этом намагниченность сохранялась и при приложении обратного магнитного поля до некоторого его критического значения  $H_k$ , после чего размагничивание происходило скачком. Были получены образцы, в которых величина  $H_k$  превышала поле, необходимое для реализации постоянного магнита со значением максимального энергетического произведения  $(BH)_{\max}$ , равным 32 МГсЭ, что было теоретическим пределом для данного материала и рекордным значением для известных в то время постоянных магнитов. Это явление было наглядной демонстрацией механизма коэрцитивной силы материалов на основе соединений  $\text{RCo}_5$ : задержки образования и роста зародышей обратной фазы. Зародышеобразование легко осуществляется на дефектной поверхности образца и существенно затрудняется после удаления дефектного слоя травлением в лимонной кислоте. Влияние различных факторов на величину  $H_k$  было детально изучено в последующих работах.

Все измерения температурной зависимости магнитного момента  $M$  монокристаллов соединений  $\text{RCo}_5$  проводили на незакрепленных образцах, так что магнитное поле напряженностью 9 кЭ всегда было направлено вдоль их оси легко намагничивания. Измеренные таким образом магнитные моменты в большинстве случаев эквивалентны спонтанной намагниченности. Поведение кривых  $M(T)$  хорошо согласуется с предложенной уже в ранних работах двухподрешеточной моделью, согласно которой соединения состоят из двух магнитных подрешеток: R и Co. В соединениях с немагнитными R (Y, La и, возможно, Ce) имеется лишь одна

магнитная подрешетка Co. Точки Кюри  $T_C$  всех соединений достаточно высоки (порядка 900 К) и близки по величине, т.е. обменное взаимодействие Co – Co, определяющее  $T_C$  в этих соединениях, преобладает. В аналогичных соединениях  $RNi_5$ , в которых никель немагнитен или имеет незначительный магнитный момент, величины  $T_C$ , определяемые обменными взаимодействиями R – R, намного меньше (порядка 10 К). Поэтому за упорядочение магнитных моментов R ионов, сохраняющееся до достаточно высокой температуры, ответственно обменное взаимодействие типа R – Co. Таким образом, R-подрешетку можно рассматривать как идеальный парамагнетик, находящийся в молекулярном поле кобальтовой подрешетки.

Между спинами ионов R и Co существует обменное взаимодействие антиферромагнитного типа. Однако результирующий магнитный момент легких R ионов ориентирован антипараллельно их спиновому магнитному моменту, а тяжелых – параллельно последнему. Поэтому в соединениях с легкими R магнитные моменты подрешеток складываются, а с тяжелыми – вычитаются. Это и определяет характер температурной зависимости магнитного момента соединений. В соединениях с легкими R она монотонна, как в ферромагнетиках, а в соединениях с тяжелыми R – куполообразная, как в ферримагнетиках.

Из кривых намагничивания монокристаллов, снятых вдоль оси трудного намагничивания были вычислены константы анизотропии  $K_1$  и  $K_2$ . Они не являются истинными, а лишь некоторыми эффективными константами анизотропии, так как при их вычислении не учитывалась возможная деформация магнитной структуры соединений под действием внешнего поля. Для многих целей такая оценка констант может быть вполне удовлетворительной, но в некоторых случаях подход является грубым или вообще неприемлемым. Оказалось, что при высоких температурах значения  $K_1$  у всех соединений положительны, что означает положительность  $K_1$  у кобальтовой подрешетки. С понижением температуры по мере магнитного упорядочения редкоземельной подрешетки «включается» ее анизотропия. Она и определяет знак  $K_1$  соединения при низких температурах: он положителен в соединениях с Sm и Er и отрицателен в соединениях с Nd, Pr, Tb, Dy, Ho.

В результате этих исследований была создана наиболее полная в то время экспериментальная база данных, требовавшаяся для разработки теории магнитокристаллической анизотропии редкоземельных интерметаллидов. В частности, по инициативе Я.С. Шура такими разработками начали заниматься и теоретики нашего института Ю.П. Ирхин, Е.В. Розенфельд и Е.И. Заболоцкий. Они применили двухподрешеточную модель для описания магнитных свойств соединений  $RCO_5$  и создали феноменологическую теорию их магнитокристаллической анизотропии, а также изучили влияние локальной симметрии на магнитную анизотропию сплавов [23]. Результатом нашего взаимодействия с теоретиками были совместные публикации. В качестве примера отметим работу [24], в которой экспериментально изучено и теоретически объяснено аномальное температурное изменение магнитного момента в соединениях  $TbCo_{5,1}$  и  $DyCo_{5,2}$  в области температуры спиновой переориентации.

В дальнейшем была выполнена большая программа исследований псевдобинарных твердых растворов, получаемых замещением одного редкоземельного металла другим или замещениями в  $3d$ -подсистеме. В условиях, когда существует заметная деформация магнитной структуры, константы анизотропии соединения уже не могут рассматриваться как простая сумма соответствующих констант отдельных

подрешеток. Правильнее в таких случаях пользоваться константами анизотропии отдельных подрешеток. Данный подход позволил нам удовлетворительно описать кривые намагничивания вдоль оси трудного намагничивания нескольких псевдобинарных систем типа  $R_x Y_{1-x} Co_5$  в предположении, что константы анизотропии  $R$  подрешеток линейно зависят от  $x$  в соответствии с требованиями одноионной модели.

Была обнаружена большая анизотропия спонтанной намагниченности  $3d$ -подсистемы в соединениях  $YCo_{5-x}Ni_x$ . В системе  $Sm_{1-x}Nd_xCo_5$  наблюдались индуцированные магнитным полем спин-ориентационные переходы первого рода.

В работах А.С. Ермоленко и А.В. Королева [25] при низких температурах была обнаружена гигантская (порядка  $10^5$  Эрстед) коэрцитивная сила в массивных монокристаллических образцах соединений  $SmCo_{5-x}Ni_x$ . С повышением температуры она снижалась по экспоненциальному закону. Процесс перемагничивания сопровождался большим магнитным последствием. В качестве механизма реализации таких явлений было предложено закрепление узких доменных границ на статистических неоднородностях распределения атомов кобальта и никеля по узлам кристаллической решетки. Перемагничивание в этом случае носит термоактивируемый характер и сопровождается большим магнитным последствием. Этот механизм реализуется и в других сплавах  $RCo_{5-x}Ni_x$ , имеющих одноосную анизотропию. Существование магнитных неоднородностей, связанных со статистическими неоднородностями распределения атомов никеля и кобальта, было подтверждено с помощью метода малоуглового рассеяния нейтронов в сплавах  $YCo_{5-x}Ni_x$  [26].

В серии работ А.С. Ермоленко, А.В. Королева и А.Г. Кучина были изучены особенности магнитных свойств соединений типа  $R_{1-x}R'_xNi_5$  с конкурирующей анизотропией ионов  $R$  и  $R'$  (например [27]). В этих веществах сильная одноионная анизотропия редкоземельных ионов сочетается со сравнительно слабыми обменными взаимодействиями. В них реализуются две практически независимо ферромагнитно упорядочивающиеся системы ионов  $R$  и  $R'$  со взаимно-перпендикулярными ориентациями спонтанных магнитных моментов. Таким образом, было показано, что в однородном и структурно однофазном твердом растворе сосуществуют две ферромагнитные подсистемы с разными точками Кюри. В последствии это было подтверждено в нейтронографических исследованиях, выполненных под руководством А.Н. Пирогова.

При изучении соединений  $PrNi_{5-x}Cu_x$  коллективом авторов во главе с А.Г. Кучиным было обнаружено интересное явление [28]. Парамагнетик  $PrNi_5$  становится ферромагнетиком при частичном замещении никеля немагнитной медью. Позже на основе теории Ирхина, Заболоцкого и Розенфельда [23] была предложена модель, удовлетворительно объясняющая возникновение магнитных моментов на ионах  $Pr$  и их ферромагнитное упорядочение в легированном медью  $PrNi_5$  нарушением локальной симметрии кристаллических полей примесными ионами меди [29].

Интересные результаты получены в цикле исследований А.В. Королева, В.С. Гавико и Н.В. Мушникова соединений со структурой фаз Лавеса. В порошковых образцах квазибинарных соединений  $Sm(Fe, Co)_2$  установлены появление гигантских неупругих ромбоэдрических деформаций кристаллической решетки при контакте порошков с воздухом и их исчезновение после отжига в вакууме. Авторами предложена качественная модель, объясняющая причину этих эффектов абсорбцией малых концентраций водорода и его упорядочением в поле магнитоупругих деформаций. Предсказан,

а затем и экспериментально обнаружен эффект переупорядочения неупругих деформаций кристаллической решетки при воздействии на образец магнитного поля или одноосного сжатия. Этот эффект сопровождается квазимагнитоупругим последствием и наведением гигантской магнитной анизотропии (например [30]).

А.Г. Кучин в сотрудничестве с многочисленными отечественными и зарубежными учеными выполнил большую работу по исследованию тройных систем на основе соединений  $R_2Fe_{17}$ . Изучены сплавы с  $R = Y, Ce, Lu$  с частичным замещением железа кремнием, алюминием, марганцем. Построены магнитные фазовые диаграммы тройных систем. Исследовано влияние давления и гидрирования на характер изменения основного магнитного состояния в системе  $Ce_2Fe_{17-x}Mn_x$ . Результаты его работ обобщены в недавно защищенной им докторской диссертации [31].

Соединения со слоистой структурой типа  $RMn_2Si_2$  и  $RMn_6Sn_6$  интенсивно исследуются Е.Г. Герасимовым с соавторами. В этих соединениях магнитные атомы образуют слои, чередующиеся со слоями, занятыми немагнитными атомами. Наблюдающиеся в них спонтанные и индуцируемые магнитным полем магнитные фазовые переходы сопровождаются интересными изменениями электросопротивления, большими объемными эффектами и анизотропными линейными изменениями кристаллической решетки (например [32]).

Большой вклад в исследование редкоземельных интерметаллидов вносит группа рентгеноструктурного анализа, возглавляемая ранее Л.М. Магатов, а затем Г.В. Ивановой. Наряду с работой по аттестации сплавов и монокристаллов здесь выполнен ряд экспериментов, посвященных изучению особенностей фазовых структурных превращений в соединениях с разной стехиометрией и разными кристаллическими решетками. Ведется также целенаправленная работа по созданию новых фаз путем легирования двухкомпонентных соединений третьим элементом. Например, в системах  $R - Fe - M$  ( $M = V, Ti, Re$ ) была обнаружена и расшифрована новая структура, названная авторами Z-фазой. Позже было показано, что ее стехиометрия соответствует формуле  $R_3(Fe, M)_{29}$  [33].

Для работ Н.В. Баранова с учениками А.А. Ермаковым и А.И. Прошкиным характерна комплексность исследований. Они занимаются изучением соединений, богатых редкоземельными металлами. Такие соединения имеют сложные магнитные структуры, а магнитные свойства их  $3d$ -подсистемы зачастую не являются стабильными при воздействии внешнего поля, наложении давления или малых изменениях концентрации компонентов. Изучение таких соединений дает возможность выявлять тонкие особенности различных механизмов, определяющих их физические свойства, в частности, установить роль  $3d$ -металла. Но для установления этих особенностей требуется изучение характеристик, чувствительных к взаимосвязи электронных и магнитных структур. Поэтому в работах группы Н.В. Баранова исследование магнитных свойств сопровождается измерением таких характеристик, как электросопротивление, теплоемкость, магнитокалорический эффект [34, 35]. Широко используются в их работах и нейтронографические методы.

Новые направления в исследовании редкоземельных соединений появились в отделе ферромагнетизма с приходом в него Н.В. Мушникова. Он занимался вопросами зонного метамагнетизма, получением и изучением гидридов редкоземельных соединений, соединениями с переменной валентностью редкоземельного металла. Результаты его экспериментов обобщены в докторской диссертации [36], защищенной в 2004 г. Он создал установку для измерения магнитных

свойств в импульсных магнитных полях до 360 кЭ. На базе этой установки организован центр коллективного пользования. С 2005 г. Н.В. Мушников возглавляет лабораторию ферромагнитных сплавов и отдел магнитных материалов.

С начала исследований редкоземельных соединений в Институте физики металлов прошло более 40 лет. За это время не только расширился круг исследователей, вовлеченных в «редкоземельную» тематику, но и неизмеримо выросло число изучаемых соединений. Это объясняется большим разнообразием редкоземельных интерметаллидов.

Кроме бинарных соединений существуют тройные, четверные и т.д. Если учесть еще их способность образовывать твердые растворы, то круг объектов практически неисчерпаем. Но главной причиной непрекращающегося притока новых сил в это направление науки все же являются необычайно интересные свойства этих соединений и богатейшие возможности конструирования новых материалов на их основе.

А.С. Ермоленко

### Список литературы

1. Hoffer G., Strnat K. *Magnetocrystalline anisotropy of  $YCo_5$  and  $Y_2Co_{17}$*  // *IEEE Trans. Magn., Mag.*, 1966, Vol. 2, P. 487–489.
2. Das D.K. *Twenty million energy product samarium-cobalt magnet* // *IEEE Trans. Magn., Mag.*, 1969, Vol. 5, P. 214–219.
3. Шур Я.С., Магат Л.М., Ермоленко А.С., Решетников Н.А., Аверкиев В.С., Дерягин А.В., Бойденко В.С., Щербакова Е.В. *Способ получения магнитов с высокой степенью текстуры из магнитноанизотропных порошков* // *ФММ*, 1973, Т. 35, С. 655–657.
4. Ojima T., Tomizawa S., Yoneyama T., Hori T. *Magnetic Properties of New Type of Rare-Earth Permanent Magnets  $Sm_2(Co, Cu, Fe, M)_{17}$*  // *IEEE Trans. Magn. Mag.*, 1977, Vol. 13, P. 1317–1319.
5. Mishra R.K., Thomas G., Yoneyama T., Fukuno A., Ojima T. *Microstructure and properties of step aged rare-earth alloy magnets* // *J. Appl. Phys.*, 1981, Vol. 52, P. 2517–2519.
6. Тейтель Е.И., Попов А.Г., Майков В.Г., Магат Л.М., Щеголева Н.Н., Шур Я.С. *Исследование фазового состава структуры и магнитных свойств сплава  $Sm_2Co_{10}Cu_{3.2}Fe_{1.2}Zr_{0.4}$*  // *ФММ*, 1983, Т. 55, вып.2, С. 349–357.
7. Щеголева Н.Н., Пузанова Т.З., Шур Я.С., Николаева Н.В. *Связь между структурой и магнитными свойствами магнитов  $Sm(CoFeCuZr)_{7.4}$ . Микроструктура и магнитные свойства спеченных магнитов  $Sm(CoFeCuZr)_{7.4}$*  // *ФММ*, 1983, Т. 56, вып. 5, С. 911–917.
8. Попов, А.Г., Королев А.В., Щеголева Н.Н. *Температурная зависимость коэрцитивной силы сплавов  $Sm(Co, Cu, Fe, Zr)_{7.3}$*  // *ФММ*, 1990, № 3, С. 100–105.
9. Попов А.Г., Гавико В.С., Магат Л.М., Иванова Г.В. *Влияние концентрации меди на магнитные свойства и структуру сплавов* // *ФММ*, 1990, № 8, С. 23–32.
10. Popov A.G., Korolyov A.V., Gaviko V.S. *Abnormal temperature dependence of coercivity of Sm-Co-Fe-Cu-Zr alloys: history and current state* // *J. Magn. Magn. Mater.*, 2004, Vol. 272–276, P. 1883–1885.

11. Sagawa M., Fujimura S., Togawa N., Yamamoto H., and Matsuura Y. *New Material for Permanent Magnet Materials on a Base of Nd and Fe* // *J. Appl. Phys.*, 1984, Vol. 55, № 6, P.2083–2087.
12. Попов А.Г., Пузанова Т.З., Гавико В.С., Василенко Д.Ю., Вяткин В.П. Особенности формирования высококоэрцитивного состояния в спеченных магнитах Nd-Fe-B-Ga при термоциклической обработке // *ФММ*, 2006, Т. 101, № 6, С. 589–597.
13. Попов А.Г., Кудреватых Н.В., Вяткин В.П., Василенко Д.Ю., Братушев Д.Ю., Пузанова Т.З., Гавико В.С., Огурцов А.В. Опыт получения высококачественных магнитов из сплавов типа Nd-Fe-B, приготовленных по методу *strip casting* // *Перспективные материалы. Спец. вып. (6)*, 2008, С. 348–353.
14. Попов А.Г., Кудреватых Н.В., Вяткин В.П., Василенко Д.Ю., Братушев Д.Ю., Пузанова Т.З., Герасимов Е.Г. Получение высокоэнергоемких постоянных магнитов из пластинчатых сплавов Nd-Fe-B // *ФММ*, 2010, Т. 109, № 3, С. 257–266.
15. Gabay A.M., Popov A.G., Gaviko V.S., BelozeroV Ye.V., Yermolenko A.S., Schegoleva N.N. *Investigation of phase composition and remanence enhancement in rapidly quenched Nd<sub>9</sub>(Fe,Co)<sub>85</sub>B<sub>6</sub> alloys* // *J. Alloys and Compounds*, 1996, Vol. 237, P. 101–107.
16. Gabay A. M., Popov A.G., Gaviko V.S., BelozeroV Ye.V., Yermolenko A.S. *The structure and magnetic properties of rapidly quenched and annealed multiphase nanocrystalline Nd<sub>9</sub>Fe<sub>91-x</sub>B<sub>x</sub> ribbons* // *J. Alloys and Compounds*, 1996, Vol. 245, P. 119–126.
17. Попов А.Г., Сериков В.В., Клейнерман Н.М. Термомагнитное и Мессбауэровское исследование структурных превращений, происходящих в аморфном сплаве Nd<sub>9</sub>Fe<sub>85</sub>B<sub>6</sub> под воздействием интенсивной пластической деформации и отжига // *ФММ*, 2010, Т. 109, № 5, С. 542–550.
18. Popov A.G., Gaviko V.S., Shchegoleva N.N., Shreder L.A., Gunderov D.V., Stolyarov V.V., Li W., Li L.L., Zhang X.Y. *Effect of high-pressure torsion deformation and subsequent annealing on structure and magnetic properties of overquenched melt-spun Nd<sub>9</sub>Fe<sub>85</sub>B<sub>6</sub> alloy* // *Journal of Iron and Steel Research*, 2006, Vol. 13, Suppl. 1, P. 160–165.
19. Попов А.Г., Гавико В.С., Щеголева Н.Н., Шредер Л.А., Столяров В.В., Гундеров Д.В., Жан Х.Ю., Ли В., Ли Л.Л. Интенсивная пластическая деформация быстрозакаленного сплава Nd<sub>9</sub>Fe<sub>85</sub>B<sub>6</sub> // *ФММ*, 2007, Т. 104, № 3, С. 251–260.
20. Wei Li W., Li L., Nan Y., Li X., Zhang X., Gunderov D.V., Stolyarov V.V., Popov A.G. *Controllable nanocrystallization in amorphous Nd<sub>9</sub>Fe<sub>85</sub>B<sub>6</sub> via combined application of severe plastic deformation and thermal annealing* // *Applied Physics Letters*, 2007, Vol. 91, P. 062509.
21. Li W., Li L., Nan Y., Xu Z., Zhang X., Popov A.G., Gunderov D.V., Stolyarov V.V. *Nanocrystallization and magnetic properties of amorphous Nd<sub>9</sub>Fe<sub>85</sub>B<sub>6</sub> subjected to high-pressure torsion deformation upon annealing* // *J. Appl. Phys.*, 2008, Vol. 104, P. 023912.
22. Ермоленко А.С., Королев А.В., Шур Я.С. Монокристаллы SmCo<sub>5</sub> с магнитной энергией 32 миллиона Гаусс. Эрстед // *Письма в ЖЭТФ*, 1973, Т. 17, С. 499–501.

23. Ирхин Ю.П., Заболоцкий Е.И., Розенфельд Е.В. Влияние локальной симметрии на магнитную анизотропию сплавов // ФММ, 1980, Т. 49, С. 1216–1227.
24. Ермоленко А.С., Розенфельд Е.В., Ирхин Ю.П., Келарев В.В., Рожда А.Ф., Сидоров С.К., Пирогов, А.Н., Вохмянин А.П. Влияние магнитной анизотропии на температурную зависимость намагниченности некоторых соединений типа  $RCo_5$  // ЖЭТФ, 1975, Т. 69, С. 1743–1752.
25. Ермоленко А.С., Королев А.В. Гигантская коэрцитивная сила и некоторые особенности процессов перемагничивания массивных монокристаллов интерметаллических соединений  $Sm(Co_{1-x}Ni)_5$  // Письма в ЖЭТФ, 1975, Т. 21, С. 34–37.
26. Ermolenko A.S., Menshikov A.Z., Dorofeev Yu.A. Magnetic heterogeneities in  $Y(Co_{1-x}Ni)_5$  alloys and their relation to coercive force // Phys. stat. sol. (a), 1979, Vol. 54, P. K113–K114.
27. Кучин А.Г., Королев А.В., Ермоленко А.С. Магнитные фазовые диаграммы соединений типа  $R_xR'_{1-x}Ni_5$  с конкурирующей одноионной анизотропией // ФММ, 1985, Т. 59, С. 498–501.
28. Kuchin A.G., Ermolenko A.S., Khrabrov V.I., Makarova G.M., Belozеров Ye.V. Original magnetic behaviour observed in  $RNi_{5-x}$  alloys ( $R = Pr, Gd, \text{ or } Y$ ) // JMMM, 1996, Vol. 159, P. L309–L312.
29. Kuchin A.G., Ermolenko A.S., Kulikov Yu.A., Khrabrov V.I., Rozenfeld E.V., Makarova G.M., Lapina T.P., Belozеров Ye.V. Magnetic properties of  $RNi_{5-x}Cu_x$  Intermetallics // JMMM, 2006, Vol. 303, P. 119–126.
30. Korolyov A.V., Gaviko V.S., Mushnikov N.V. The magnetic annealing effect in hydrogen containing intermetallic  $Sm(Fe,Co)_2$  compounds // Phys. Stat. Sol. (a), 1990, Vol. 119, P. K16–K166.
31. А.Г. Кучин. Магнитные свойства тройных систем на основе 4f-3d интерметаллидов с конкурирующими взаимодействиями: Автореф. дисс. на соиск. учен. степени доктора физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2008. 44 с.
32. Mushnikov N.V., Terent'ev P.B., Gaviko V.S., Gerasimov E.G., Rosenfeld E.V., Shreder L.A. Spontaneous and field-induced magnetic phase transitions in  $Tb_{1-x}R Mn_6 Sn_6$  ( $R = Gd, Y$ ) // Sol. Stat. Phenomena, 2009, Vol. 152–153, P. 37–40.
33. Shcherbakova Ye.V., Ivanova G.V., Makarova G.M., Belozеров Ye.V., Ermolenko A.S. Novel high anisotropic compounds based on  $R-Fe-M$  systems ( $M = Ti, V$ ) // JMMM, 1995, Vol. 140–144, P. 1099–1100.
34. Ермаков А.А. Электросопротивление и магнитные свойства редкоземельных интерметаллидов на основе  $RCo_2$  и  $R3M$  со сложной магнитной структурой: Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2005. 23 с.
35. Прошкин А.В. Особенности магнитных, тепловых и электрических свойств  $R-T$  ( $T = Co, Ni$ ) интерметаллидов с большой концентрацией редкоземельного металла: Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2009. 24 с.
36. Мушников Н.В. Магнитообъемные эффекты и магнитная анизотропия в зонных и локализованных подсистемах f-d – интерметаллидов: Автореф. дисс. на соиск. учен. степени доктора физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2004. 45 с.

---

# ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ

## исследований в области наноматериалов и нанотехнологий

---

Прошло более 43 лет с тех пор, когда впервые в Уральском филиале Академии наук в ИФМ появилась первая установка по синтезу наноматериалов. Толчком и стимулом для разработки установки и первых исследований наноматериалов в институте стала постановка задач по изучению размерной зависимости магнитных свойств материалов, инициированная Я.С. Шуром, О.А. Ивановым и С.В. Вонсовским. Это поразительное научно-техническое предвидение заложило основы нового научного направления – физики наноматериалов, которое трудно переоценить и масштаб которого можно понять только сегодня. К 1972 г. были получены новые оригинальные данные о магнитных свойствах нанокристаллического никеля в диапазоне размеров от многодоменного до суперпарамагнитного состояния (защищена кандидатская диссертация по наноматериалам). До этого в 1968 г. я (А.Е. Ермаков), будучи аспирантом, был направлен Я.С. Шуром и О.А. Ивановым в Институт химической физики АН СССР (Москва), возглавляемый лауреатом Нобелевской премии Н.Н. Семеновым, для ознакомления с новой левитационно-струйной установкой синтеза наноматериалов. Узнав о том, что установка нужна для синтеза и исследования магнитных наноматериалов, Н.Н. Семенов любезно согласился ознакомить меня с ней, несмотря на закрытый режим ее работы.

Уже в конце 1968 г. в ИФМ УрО РАН была создана установка газофазного синтеза, которая эксплуатируется и по настоящее время, подвергаясь постоянной модернизации и новым конструктивным изменениям. При конструировании и разработке установки в 1968 г. в отделе ферромагнетизма самое активное участие принимали конструкторы лаборатории В.С. Аверкиев, З.И. Морозова и легендарный механик Н.А. Решетников. До сих пор узлы этой установки, сконструированные и созданные их мастерством и талантом, используются нами для экспериментов. Один из последних вариантов этой установки, созданный усилиями сотрудников лаборатории М.А. Уймина, А.А. Мысика и С.Л. Страхова, представлен на рис. 1.

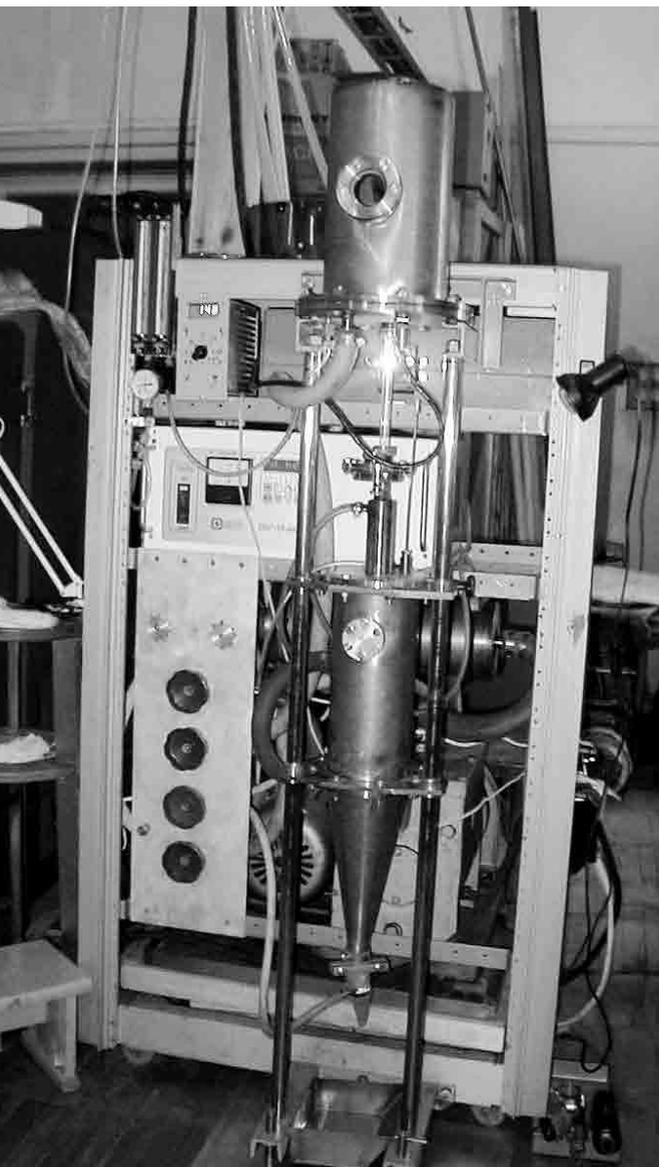


Рис.1. Установка газозофазного синтеза наноматериалов и список синтезированных нанопорошков.

Средний размер наночастиц в пределах от 2 до 100 нм.

Список материалов: Металлы и сплавы – Fe, Co, Ni, Cu, Pd, Al, Ag, Mg, Bi, Ti, Fe–Ni, Fe–Pd, Ni–Pd, Fe–Co, Al–Mg и др.

Оксиды –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , NiO,  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO, CoO и др.

Нанокмозиты–металлы, капсулированные в углерод или оксид кремния, – Fe@C, Ni@C, Co@C, Pd@C, Ag@C, Cu@C, Mg@C,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ $\text{SiO}_{2-x}$  и др.

К настоящему времени опубликованы сотни работ, синтезировано большое количество наноматериалов (неполный список приведен на рис. 1), которые находят самое широкое применение в разных областях науки и техники.

В процесс разработки новых наноматериалов и исследования возможностей их использования вовлечены также другие наши коллеги – специалисты из разных областей и организаций – Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Институт органического синтеза УрО РАН, Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е.И. Забабахина» (Снежинск), Институт общей физики им. А.М. Прохорова (Москва), Центр естественно-научных исследований (Москва), ЗАО «Биоспек» (Москва), Московский государственный университет (химический факультет), Институт биохимии РАН (Москва), Государственное учреждение здравоохранения Свердловский областной онкологический диспансер, Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральская государственная медицинская академия, Национальный исследовательский Томский государственный университет, ГУ НИИ Кардиологии ТНЦ СО РАМН (Томск), Сибирский государственный медицинский университет (Томск) и многие другие. Мы поддерживаем очень тесные научно-технические связи с бизнес структурами – Холдинг «Юнона», ООО Завод «Медсинтез», ООО «УралДиал», ООО «Уральский медицинский ядерный центр» (резидент Сколково) и другими организациями, которые активно способствуют развитию этих направлений.

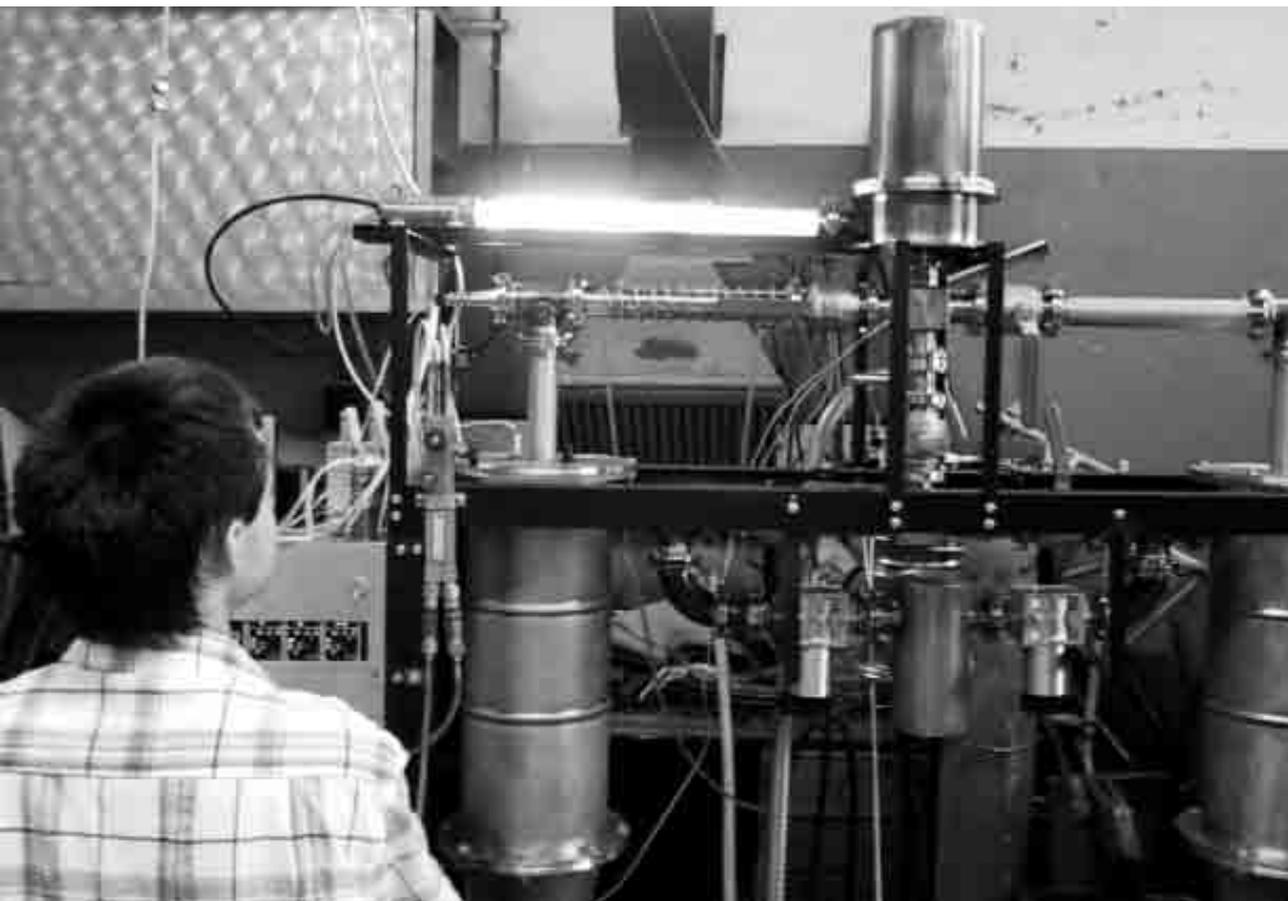


Рис. 2. Пламя-распылительная установка синтеза оксидных наноматериалов

Так, с участием и при финансировании ООО «УМЯЦ» и ООО «УралДиал» была разработана пламя-распылительная установка синтеза оксидных наноматериалов нового поколения, способная производить широкий класс оксидных материалов на основе  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{SiO}_2$  и других соединений (рис. 2).

Постановку этих исследований также стимулировало развитие новых методов синтеза наноматериалов и материалов в аморфном состоянии, например, с использованием механоактивационных процессов. Дело в том, что развитие механоактивационных методов воздействия на твердое тело также было связано с разработкой в лаборатории ферромагнитных сплавов под руководством Я.С. Шура постоянных магнитов с высоким энергетическим произведением на основе  $4f-3d$ -металлов. При разработке постоянных магнитов с высокой коэрцитивной силой и остаточной намагниченностью использовались порошковые материалы, синтезированные методом механического измельчения. Одна из проблем, возникшая при механоактивации интерметаллидов на основе  $4f-3d$ -металлов, состояла в том, что начиная с некоторого времени измельчения гистерезисные свойства и намагниченность резко снижались, что не позволяло создавать магниты с высокими свойствами. Природа этого явления была неизвестна.

С помощью современных методов исследования на большом классе материалов впервые удалось доказать, что эти явления связаны с переходом материала в нанокристаллическое и аморфное состояние, для которых и характерны снижение магнитных свойств указанных объектов. Эти исследования дали начало новому научному направлению – физико-химии твердотельных реакций, которые могут реализоваться в результате внешних воздействий, часто сопровождающихся большим многообразием структурных и фазовых превращений.

Под влиянием этих работ и результатов, полученных в лаборатории ИФМ, в разных научных центрах и лабораториях мира (Японии, Кореи, стран Европы) были начаты исследования структуры, свойств и физико-химических превращений твердых тел, подвергнутых сильной пластической деформации и механоактивации, позволяющим получать новые фазы и состояния, в том числе далекие от равновесия, а также метастабильные фазы, не существующие на равновесной фазовой диаграмме. Нельзя не отметить, что накопленный опыт и задел, особенно при изучении фазовых превращений и структур, синтезируемых в неравновесных условиях, которым Я.С. Шур и О.А. Иванов уделяли первостепенное значение, и здесь оказались востребованными. Это позволило, в частности, на новом качественном уровне понять и объяснить структурное поведение наноматериалов и аморфного состояния при сильных внешних воздействиях.

За указанный цикл работ по механической активации оксидных и металлических систем авторскому коллективу в составе В.В. Болдырева, А.Е. Ермакова, П.Ю. Бутягина, Е.Г. Аввакумова, Ю.Т. Павлюхина, Е.Ю. Иванова, Е.П. Елсукова, В.А. Барина в 1993 г. была присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники. На крупном Международном форуме (Германия, Дрезден, 1999 г.) за пионерные работы по аморфизации интерметаллидов А.Е. Ермакову была присуждена золотая медаль.

Подавляющее большинство исследований в лаборатории ферромагнетизма, а затем в лаборатории прикладного магнетизма в области аморфного состояния и наноматериалов, как правило, имело глубокий фундаментальный характер. Именно это обстоятельство позволяло и до сих пор позволяет не только получать новые знания о структуре, природе и механизме физических явлений в аморфном и нанокристаллическом состояниях, но и успешно предлагать эти материалы для практического использования.

В настоящее время основные исследования проводятся по следующим направлениям, основы которых были заложены ещё нашими учителями с присущими им научной интуицией и предвидением.

1. Структурные и фазовые превращения аморфных и нанокристаллических материалов, синтезированных разными методами.
2. Физико-химические и электронные свойства наноматериалов, в том числе на основе «гигантских фуллеренов» или металлов, капсулированных в углерод.
3. Исследование возможностей использования наноматериалов в технике, катализе, медицине и других областях.

Без глубокого понимания структурного состояния, которое определяет все физико-химические свойства наноматериалов, бессмысленно говорить о каких-либо прогнозируемых свойствах этих материалов и тем более их практическом применении. В лаборатории ферромагнетизма с первых дней ее становления всегда наряду с исследованием физических свойств материалов проводилась

достаточно полная и всесторонняя структурная аттестация материалов и этому придавалось первостепенное значение. Нельзя в связи с этим не упомянуть блестящие работы Л.М. Магата, Г.В. Ивановой, В.В. Серикова, Н.Н. Щеголевой и их коллег по использованию как дифракционных (рентгеноструктурных, электронно-микроскопических), так и локальных методов изучения (ядерного магнитного резонанса и ядерного гамма-резонанса) твердого тела. В области анализа наноматериалов комплексные методы структурной аттестации становятся определяющими, так как для частиц в нанометровом диапазоне возникают проблемы получения достоверной информации из-за малого размера, когда, например, дифракционные методы анализа оказываются малоинформативными.

В лаборатории прикладного магнетизма совместно с коллегами из других подразделений (Ю.Н. Горностыревым, В.В. Кондратьевым, В.Л. Гапонцевым и др.) получены новые оригинальные экспериментальные и теоретические результаты по фазовым превращениям в сплавах и соединениях при переходе в нанометровый диапазон в результате различных внешних воздействий (механоактивации, интенсивной пластической деформации (ИПД), высокого давления, облучения и др.). В процессе воздействия в сплавах могут реализоваться разные превращения: аморфизация и разупорядочение; образование пересыщенных твердых растворов; аномальное расслоение сплавов с неограниченной растворимостью; распад равновесных фаз; циклические реакции; формирование равновесных низкотемпературных фаз. В этом многообразии мы выделяем три основных сценария: а) удаление сплава от состояния термодинамического равновесия без изменения химического состава (аморфизация, разупорядочение); б) синтез неравновесных и метастабильных фаз с измененным составом (пересыщенные растворы, аномальное расслоение в системах с неограниченной растворимостью, глобальная фазовая неустойчивость); в) реализация равновесных фаз, в том числе недостижимых в нормальных условиях (фазы высокого давления, низкотемпературные фазы).

Разработан теоретический подход, позволяющий систематизировать многие экспериментальные факты и предложить сценарии развития фазовых превращений при заданных кинетических и термодинамических условиях. На диаграмме (рис. 3) содержатся основные сценарии фазовых превращений, которые могут быть реализованы в сплавах в результате внешних воздействий при переходе в нанодиапазон. Например, аморфное состояние в  $4f-3d$ -металлах и переход порядок–беспорядок в упорядочивающихся сплавах, впервые реализованные нами при механоактивации, базируются на очень простой физической идее о замораживании всех механизмов возврата и диффузионных процессов (коэффициент диффузии  $D=0$ ) в сплаве при внешнем воздействии.

Таким образом, предложенные теоретические подходы допускают многообразие возможных сценариев фазовых превращений, индуцированных внешним воздействием в диапазоне умеренных температур.

Выбор сценария превращения зависит от материала и параметров воздействия (интенсивности, скорости, температуры и т.д.), принципиальным оказывается кинетический аспект – объемные и зернограничные коэффициенты диффузии – их величина и соотношение между ними. Разработка фундаментальных концептуальных основ таких превращений является стратегической базой для прогнозирования характеристик и дизайна сплавов с уникальными свойствами.

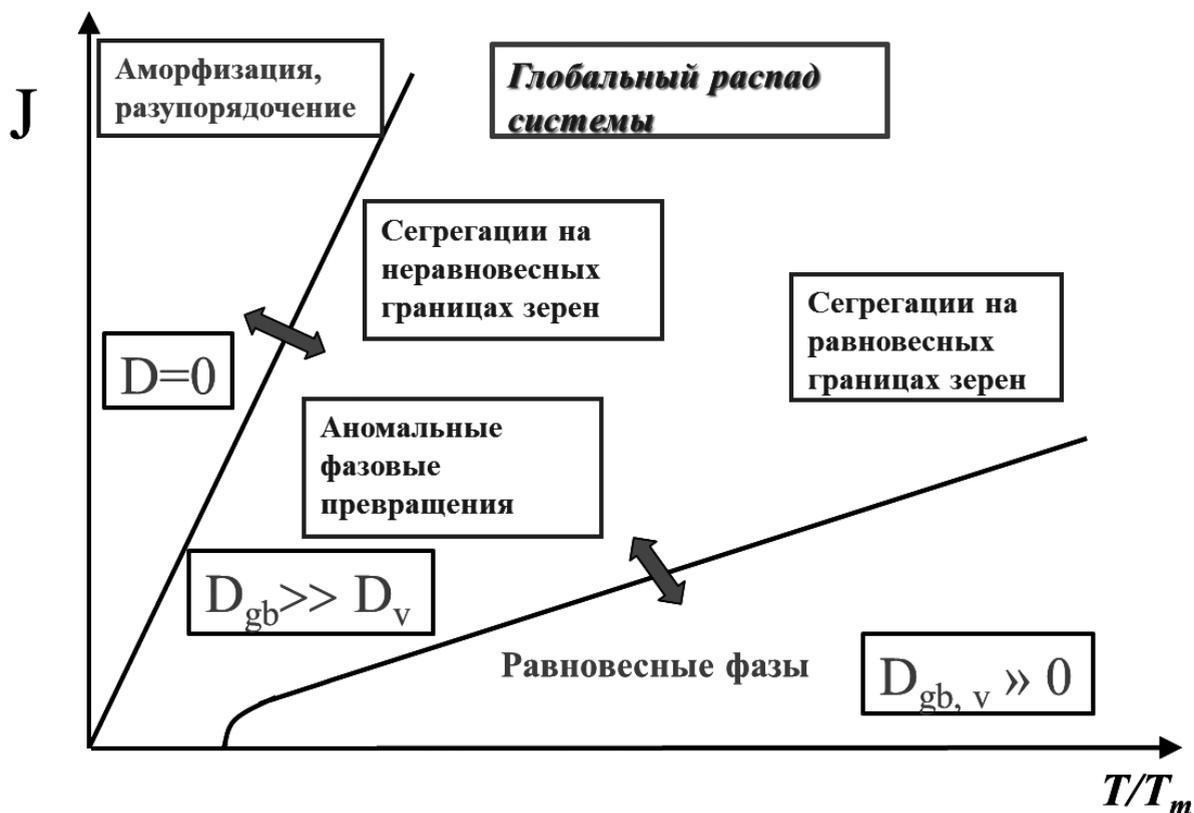


Рис. 3. Диаграмма реализации фазовых превращений в сплавах при внешнем воздействии в зависимости от скорости закачки энергии  $J$  и гомологической температуры

### Особые физико-химические свойства наноматериалов и использование нанобъектов в катализе, в медицине и других областях

Природа не делила нас на физиков, химиков, биологов. Но история развития науки была такова, что произошла дифференциация наук. К чему это привело? Физики перестали понимать физиков, химики – химиков. Уж не говоря о том, что крайне трудно найти общий язык между физиками, химиками и биологами.

Нанобъекты – как раз тот уникальный случай, который по своей природе объединяет специалистов разных областей для постановки и проведения совместных комплексных исследований. В нанодиапазоне (как правило, для твердого тела менее 10 нм) происходит качественное изменение свойств объектов в результате изменения структурного состояния и их электронных свойств. Именно в данной области размеров и имеют место удивительные явления в веществе – фундаментальные константы твердого тела и точки фазовых переходов оказываются функцией размера. Когда размер частиц уменьшается до определенной

величины, ролью поверхностных вкладов пренебречь уже нельзя. Доля атомов на поверхности наночастиц в этой области составляет десятки процентов. Размер становится термодинамическим параметром. Поведение нанообъекта в этой области размеров может быть описано в рамках жидкоподобного потенциала.

Сложность задачи также состоит в том, что наноматериалы при таких размерах являются метастабильными, а иногда неравновесными. Они охотно взаимодействуют друг с другом (в частности из-за особенностей жидкоподобного потенциала), с окружающей средой, их структурное состояние способно быстро релаксировать со временем. Физики и химики могут синтезировать нанообъекты разными способами, однако сохранить и стабилизировать их структурное и электронное состояния, это одна из самых сложных и ключевых проблем в области изучения и применения метастабильных наноматериалов. Если не решить проблему стабилизации нанообъектов, то они никому не будут нужны. Нанообъекты могут изменять свои свойства не только в течение дня, но иногда и в течение нескольких минут. Они начинают изменять свои свойства либо в результате собственной релаксации, либо взаимодействия с окружающей средой. Поэтому проблема фазовой и химической стабильности становится основной для решения прикладных задач.

Именно поэтому в рамках только одного направления, одной дисциплины понять и исследовать химические, физические и другие свойства данных объектов сегодня просто невозможно. Решение новых задач и проблем с использованием наноматериалов требует междисциплинарного подхода, и это объединяет экспертов из разных областей знаний и открывает новые возможности в их исследовании и приложениях. Наиболее крупные успехи в применении ожидаются и уже получены в области техники, катализа и медицинских приложений, например при разработке диагностических и терапевтических агентов для лечения патологий.

Принципиальна при таком подходе постановка научной проблемы, способной объединить специалистов разных областей для решения междисциплинарной задачи, где роль каждого участника оказывается ясной и понятной. Этим объясняется некий ренессанс в научном познании, начавшийся с появлением нанообъектов. Роль научного лидера в постановке таких проблем ключевая и определяющая. Сегодня с наноматериалами связывают очень много интересных и прогрессивных направлений, особенно многообещающими являются исследования на стыке разных наук (физики, химии, биологии, молекулярных клеточных структур и т.д.) для решения задач в области медицины (нанодиагностика, создание таргетных лекарственных препаратов для лечения новообразований, разработка биосенсоров разных патогенов и т.п.).

Для решения каждой конкретной задачи необходимо специально синтезировать наноматериалы, которые только для этих целей и могут быть использованы. Так, специфичные материалы требуются для катализа. В наноматериалах, применяемых как диагностические или терапевтические агенты, включая и средства доставки (например для воздействия на раковые клетки), важнейшую роль играют проблемы нетоксичности и биосовместимости. При этом нужно предложить такой метод синтеза наноматериалов, который позволит уже на этапе производства этих объектов получить защитные, стабильные покрытия и одновременно обеспечить биосовместимость. Требуется разработать такие покрытия или стабилизирующие добавки, которые дали бы возможность с одной стороны, предотвратить старение, деградацию объекта, с другой – избежать изменения уникаль-

ных свойств, характерных для наноматериалов. В некоторых случаях это удастся сделать в результате использования углеродных покрытий.

**Новый класс стабильных нанокompозитов со структурой «ядро-оболочка» на основе 3d-металлов, капсулированных в углерод для технических и медицинских применений**

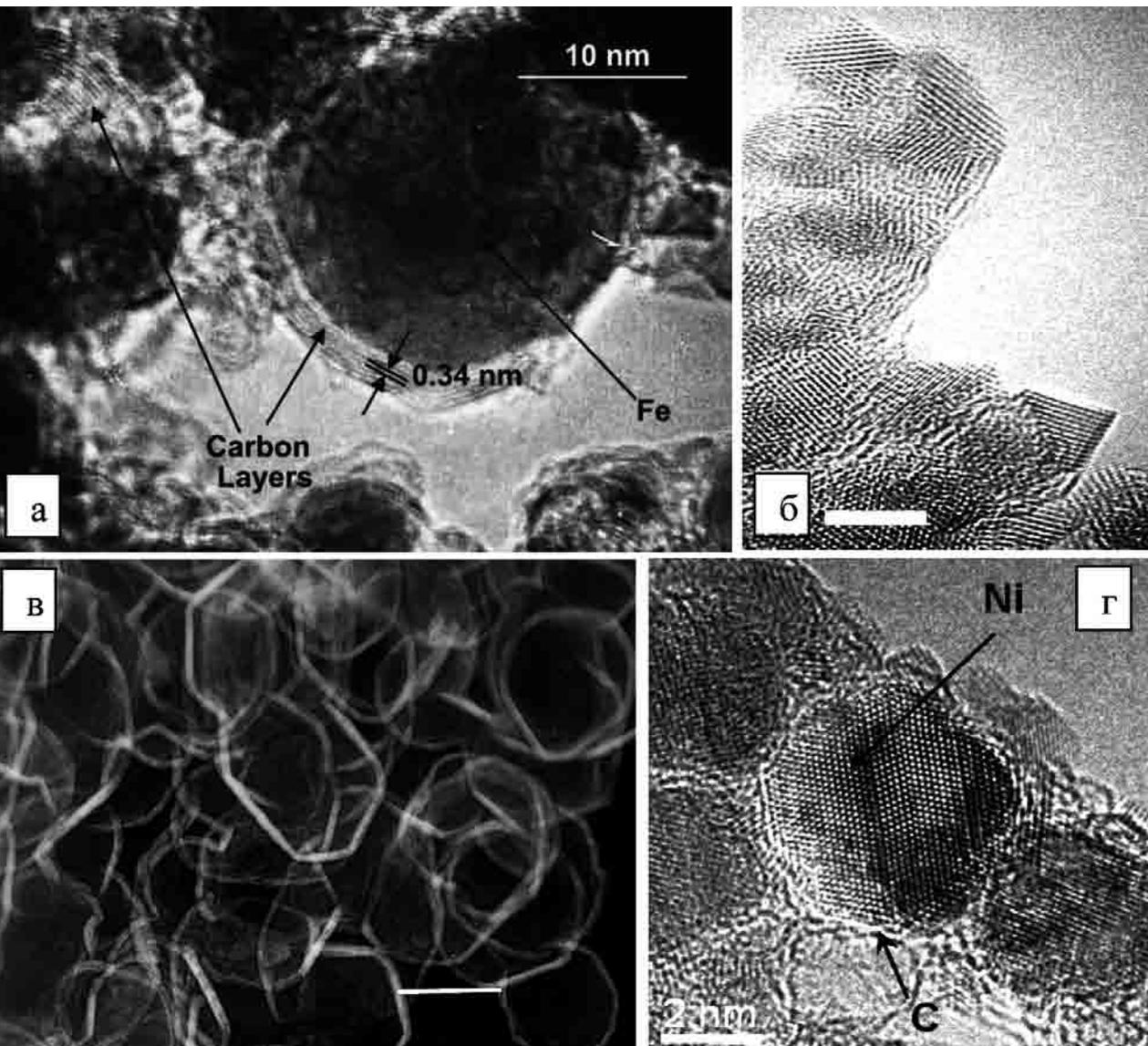


Рис. 4. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения: а – «гигантские фуллерены» на основе Fe@C с несколькими «квазиграфеновыми» слоями; б – никель, частично покрытый слоями углерода; в – полигональные сетки углеродных слоев (после вытравливания металла); г – «ГФ» Ni@C с одним-двумя слоями углерода

Нанокристаллические металл-углеродные системы в настоящее время привлекают интерес исследователей во всем мире из-за необычных физико-химических свойств. Достаточно упомянуть активно изучаемые нанотрубки и нановолокна, которые успешно синтезируют и применяют в различных областях.

Разработанный авторским коллективом лаборатории прикладного магнетизма (А.Е. Ермаковым, М.А. Уйминым, А.А. Мысыком) способ позволяет достаточно просто получать наноконпозиты типа ядро–оболочка Me@C, где C – углеродная оболочка, а Me – металлическое ядро (Ni, Fe, Co, Pd, Cu, Bi, Mg, Al и др.). На рис. 4 приведены примеры электронно-микроскопического анализа этих наноконпозитов, включая пустые полигональные углеродные структуры после вытравливания ядра и нанокристаллы никеля, частично покрытые углеродом.

Применение наноконпозитов на основе 3d-металлов, капсулированных в углерод, в качестве катализаторов гидрирования в различных химических превращениях (гидродегидрохлорировании, аккумулировании водорода в магнии при МА и т.д.), выявило их беспрецедентно высокую активность и селективность при низких температурах. Обычно такие явления наблюдаются только в живых системах, ферментативная (каталитическая) система которых осуществляет требуемые процессы с высокой активностью и 100% селективностью. Именно поэтому изучение таких эффективных каталитических систем в неорганическом мире представляет особый интерес.

Высказана гипотеза, что механизм катализа обусловлен дефектами углеродного покрытия, представляющего собой сферически-изогнутые «квазиграфеновые» слои углерода (на рис. 4, а видно примерно пять слоев углерода на Fe@C). Спектроскопическими и расчетными методами совместно с Э.З. Курмаевым, В.Р. Галаховым, Д. Бухваловым установлено, что поверхность углеродного слоя (5–6 слоев) при достаточно высокой кривизне (размер ядра частицы около 3–6 нм) действительно содержит указанные дефекты топологического типа (дефекты Stone-Wales (SW)). Топологические дефекты SW представляют собой вместо 6-членников, в узлах которых располагается 6 атомов углерода, 5-членники и 7-членники соответственно с 5 и 7 атомами углерода в узлах. Появление таких дефектов приводит к образованию нарушенных химических связей, способных выполнять роль каталитических сайтов. Теоретический анализ показывает, что дефекты SW могут служить центрами диссоциации молекул водорода с низким активационным барьером, которые, вероятно, и являются ответственными за высокую каталитическую активность и селективность в упомянутых химических превращениях.

На рис. 5 приведен пример беспрецедентно высокой скорости гидрирования магния с использованием низкопотенциального тепла (практически около 100 °С) при механоактивационной обработке порошкового магния в среде водорода с катализатором на основе наноконпозита Ni@C. Гидриды магния востребованы в водородной энергетике как аккумуляторы водорода, поскольку они безопасны и обладают очень высокой водородоемкостью (свыше 7 мас.% водорода) при относительно низкой плотности исходного материала магния.

Исследования этих стабильных систем, обладающих необычными физико-химическими свойствами, еще далеки от завершения, однако новизна способа получения наноконпозитов («ГФ»), необычные свойства и широкие перспективы их применения в самых различных областях (физике, медицине, химии, технике

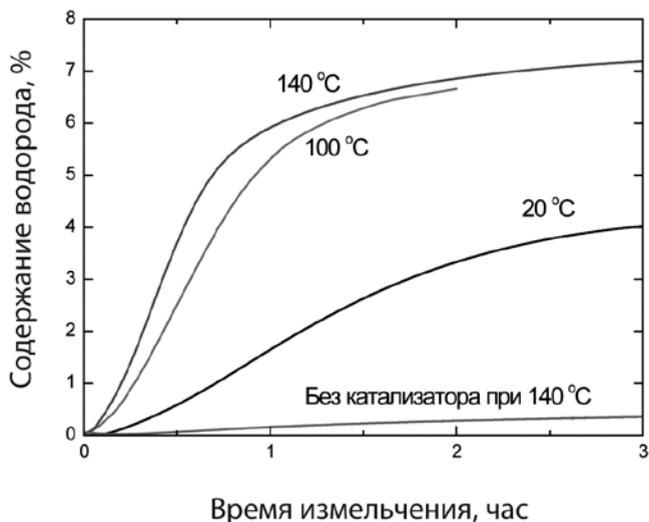


Рис. 5. Гидрирование магния от времени измельчения в среде водорода без катализатора и с добавкой 5% катализатора Ni@C при разных температурах

методами магнитной томографии (MRI); магнитные метки при разработке биосенсоров; поглощающие световую или электромагнитную энергию потенцирующие объекты при лазерной и магнитной гипертермии новообразований.

На рис. 7 демонстрируется пример лазерной деструкции опухоли (экспериментальное животное с перевитой карциномой Эрлиха), содержащей наночастицы (металл, капсулированный в углерод), после воздействия коротким импульсом лазерного пучка. В результате воздействия на опухоль, содержащую наночастицы, образуется некротическая ткань, достоверно свидетельствующая о положительном эффекте – разрушении опухоли (см. рис. 7, б). Опухоль без наночастиц после воздействия лазерного облучения, напротив, увеличивается в объеме. Работы выполнены совместно с В.Б. Лощеновым, А. Рябовой, А. Стратонниковым (ИОФ РАН, Москва).

Существует много методов лечения онкологических заболеваний. Огромный вклад в решение этой задачи внесли и вносят физики. Имеющиеся подходы в основном направлены на то, чтобы убить раковые клетки, не повредив здоровые. Разрушать эти клетки научились с помощью химиотерапии, облучения, лазерной, фотодинамической терапии и других способов. При этом здоровые клетки, к сожалению, также страдают и часто наблюдается много вредных побочных явлений. Если формулировать проблему коротко, то в будущем будут востребованы персонализированные препараты с минимальными побочными эффектами и адресным воздействием. Нанотехнологии способны предложить адресные методы доставки медпрепаратов в патогенные органы и обеспечить точечную бомбардировку раковых клеток разными способами, при этом минимизируя вредное побочное воздействие.

и т.д.) делают данную работу прорывной и относят ее к тем научным направлениям, в которых отечественная наука может занять лидирующие позиции. Нанобъекты перспективны не только в водородной энергетике, но могут быть использованы для самых разных приложений (селективной экстракции элементов, диагностики и терапии и многого другого). На рис. 6 приведен пример возможных применений «гигантских фуллеренов».

Биосовместимые и нетоксичные наноконкомпозиты на основе Fe@C исследуются нами для биомедицинских приложений в качестве функционализированной мультимодальной магнитной платформы для диагностических и терапевтических агентов; как усилители контраста при визуализации изображений

## Наноконпозиты “Гигантские Фуллерены” – Новый класс стабильных наноматериалов для различного применения

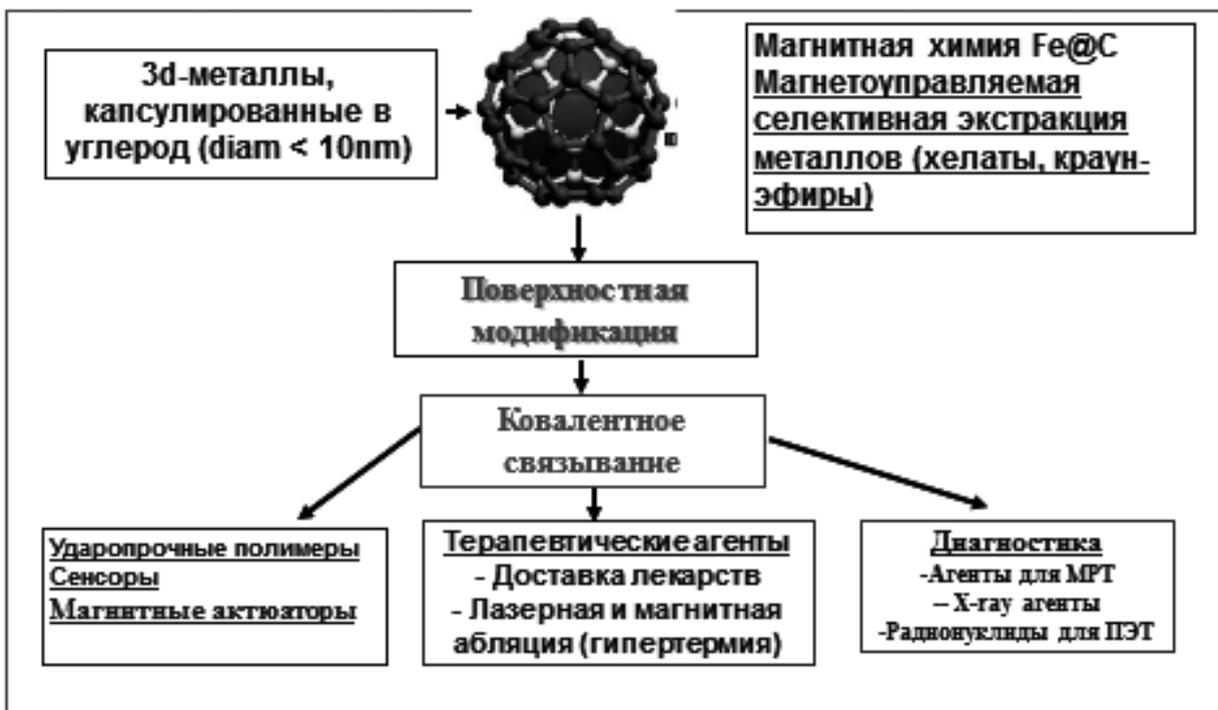


Рис. 6. Возможное применение «гигантских фуллеренов»

Междисциплинарность требует не только общего языка между физиками, биологами, экспертами в области клеточных структур и химиками, но и серьезной ответственности друг перед другом, чтобы сформулировать общую проблему и постановку конкретных задач. Иногда на это требуется времени больше, чем на проведение самого эксперимента. Сегодня уровень понимания с обеих сторон уже достаточно высок, но на это потребовались многие годы.

Вместе с тем надо признать, что вплоть до настоящего времени наноматериалы изучены крайне поверхностно и неглубоко, прежде всего требуются значительные средства и усилия на проведение фундаментальных исследований нанокристаллического состояния твердого тела, особенно свойств поверхностных слоев. С учетом междисциплинарности проблемы предстоит провести неизмеримо больший объем исследований широким кругом специалистов из разных областей знаний. Исходя из постоянно растущего интереса к наноматериалам, прогноза развития отечественного и мирового рынка, можно тем не менее уверенно говорить о том, что нанотехнологии по разработке нанообъектов с необычными свойствами уже востребованы рынком и в настоящее время наблюдается беспрецедентно высокий рост исследований и потребления этих материалов различными областями науки и техники.



Рис. 7. Пример лазерной деструкции опухоли

Заканчивая краткое изложение работ, проводимых в лаборатории прикладного магнетизма ИФМ УрО РАН за последние несколько лет в этой многообещающей области, следует еще раз подчеркнуть тот неоценимый вклад, который внесли наши наставники и коллеги много лет назад, фактически сформулировав те перспективные направления, которые мы стараемся развивать.

*А.Е. Ермаков*

---

P.S.

---



## Жизнь института в фотографиях

Перед читателем прошли биографии и судьбы выдающихся физиков, достижения которых определяли лицо ИФМ на протяжении многих лет. Но жизнь ученых заполнена не только научными исследованиями. Они - как правило, талантливые, разносторонние, жизнерадостные люди - общались в нерабочее время, собирались в дружеской компании, вместе отдыхали и отправлялись в командировки, ездили по России и в дальние страны. Они ходили в турпоходы, поднимались в горы, занимались спортом, катались на лыжах, проводили шахматные турниры, писали стихи, участвовали в веселых институтских операх.

Чтобы написать обо всем этом подробно, нужна еще не одна книга. Здесь мы лишь попытаемся проиллюстрировать отдельные яркие эпизоды, используя сохранившиеся архивные фотоматериалы.



# Герои этой книги...





... защитили Родину!



М.Д. Авраменко, С.И. Алексеев, М.П. Аленичев, А.Ф. Аминов, К.Л. Аржанников, А.Я. Афанасьев, Б.М. Балмашев, В.П. Бекетова, З.З. Беккер, А.Е. Бузынов, Д.К. Булычев, М.А. Буртов, В.Я. Бычок, В.В. Веселов, В.В. Власов, Н.В. Волкенштейн, И.Г. Воробьев, С.В. Воробьев, Е.Д. Восстриков, М.Г. Всехвалных, А.С. Гашев, И.Б. Гехт, А.С. Горошенков, К.М. Граевский, И.П. Другов, В.Н. Журавлев, В.П. Залазаев, В.А. Зайкова, Н.Н. Зацепин, Н.С. Зиновьев, Т.Д. Зотов, П.С. Зырянов, П.Г. Казаков, Г.А. Казанцев, И.М. Казанцев, К.К. Кайгородов, Е.Р. Карнашевский, З.Д. Коген, М.Г. Кожухов, А.И. Колесников, Н.А. Компанейцев, П.И. Комышев, П.П. Корнеев, Л.Я. Корниенко, Г.А. Кесарев, Г.П. Крупин, И.И. Кунцевич, Я.П. Курицын, А.М. Лазарев,



Н.Е. Ловецкий, В.В. Луканин, В.Г. Майков, С.Г. Максименко, Г.Л. Маляревский, А.Ф. Мельников, А.Ф. Меньшиков, А.И. Меркурьев, П.С. Михайлов, А.И. Моисеев, Н.Ф. Мясников, М.М. Ничкова, А.П. Новаков, М.М. Носков, С.А. Озеров, М.П. Оленичев, В.А. Павлов, А.С. Павловицкий, Ф.М. Панов, А.А. Пентин, И.П. Перминов, К.А. Петренко, П.Г. Пичугин, В.Е. Рудницкий, С.И. Рыдзевский, М.И. Сергеев, Ю.А. Сиротин, А.Г. Темерев, В.А. Токаржевский, Г.С. Томилов, В.А. Трапезников, Я.Н. Трапезников, К.А. Трифонов, Е.А. Туров, К.А. Ускова, Г.М. Филончик, В.М. Францевич, Л.Х. Фридман, А.Ф. Хохлов, И.М. Цидильковский, С.Д. Чичерин, А.Н. Чуркин, А.А. Шеврыгин, А.В. Шорохов, В.Н. Щенников

... устраивали турниры по шахматам



... делали стенгазеты



... пели в операх



... организовывали юбилеи института



... осуществляли конституционное право на труд



... ЧИТАЛИ



... ОБЩАЛИСЬ



... строили бани...



... и избы



... ходили на демонстрации...



... лыжные прогулки...





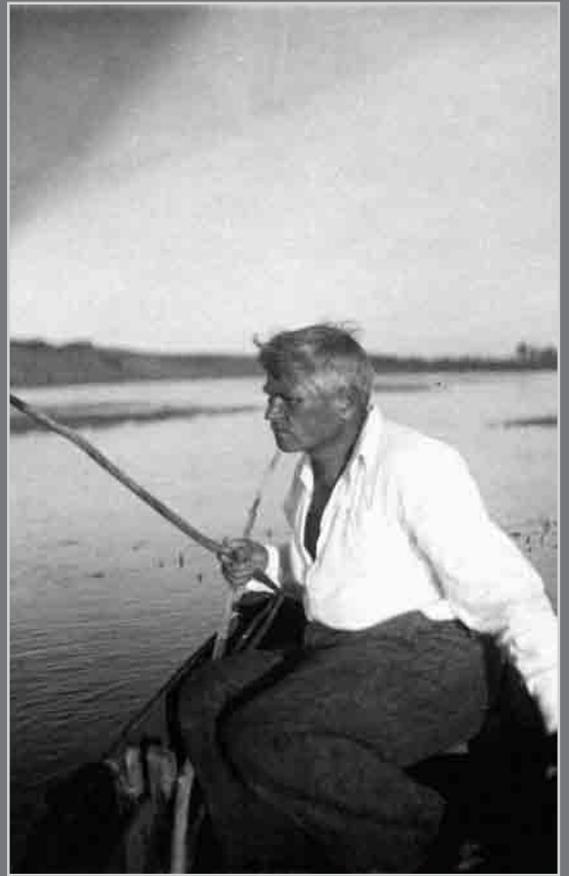
... устраивали фотоохоту



... дружили домами



... отдыхали на природе



... дарили женщинам цветы...



... и поцелуи



# ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ НА УРАЛЕ

История Института физики металлов в лицах

Рекомендовано к изданию ученым советом  
Института физики металлов и НИСО УрО РАН

*Редактор* М.О. Тюлюкова

*Технический редактор* М.В. Дегтярев

*Корректоры* Т.И. Налобина, В.П. Спирина

*Дизайн и компьютерная верстка* П.А. Агзамовой

*Фотопортреты:* Ю.А. Изюмова (с. 11, 201, 205),

В.П. Широковского (с. 13), Г.Г. Талуца (с. 194), С.Н. Петровой (с. 321) С.Г. Новиков

НИСО УрО РАН №36 (12) – 37.

ISBN 978-5-7691-2320-7



9 785769 123207

Подписано в печать 11.10.12. Формат 70x100 1/16. Бумага типографская.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 31. Уч.-изд. л. 31. Тираж 700 экз. Заказ № 3964

Оригинал-макет изготовлен в ИФМ УрО РАН  
620990, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18.

Типография ООО «Адекс Нова».  
620137, Екатеринбург, пер. Парковый, 14.