

Первая леди

советской атомной науки

Федеральное агентство по атомной энергии

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»**

ПЕРВАЯ ЛЕДИ СОВЕТСКОЙ АТОМНОЙ НАУКИ

Сборник статей к 100-летию со дня рождения З.В. Ершовой

Москва 2004

УДК 621.039.004 (091)

И-20

Первая леди советской атомной науки. Сборник статей к 100-летию со дня рождения З.В. Ершовой, под редакцией М.В. Владимировой. М.: ВНИИНМ. 2004. С. 127.

ISBN 5-88921-020-3

Сборник статей, посвященных жизни и деятельности замечательной ученой – одной из активных участников атомного проекта СССР, творца технологий радиоактивных материалов – Зинаиды Васильевны Ершовой, к 100-летию со дня рождения.

Сборник предназначен для широкого круга читателей.

ISBN 5-88921-020-3

Лицензия на издательскую деятельность:

Серия ИД № 01139 от 01 марта 2000г.

Ответственная за выпуск Хапёрская А.В.

© Федеральное государственное унитарное предприятие
Государственный научный центр «Всероссийский научно-
исследовательский институт неорганических материалов
имени академика А.А. Бочвара» (ВНИИНМ), 2004.

Предисловие

Этот сборник статей посвящен памяти крупного отечественного ученого, одного из организаторов ВНИИНМ, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора, трижды лауреата Государственной премии СССР, Зинаиды Васильевны Ершовой, чье столетие со дня рождения мы отмечаем в 2004 году.

В выпуске публикуются статьи как самой Зинаиды Васильевны, так и сотрудников института, которые на протяжении многих лет работали вместе с этой замечательной женщиной, учились у нее, делили с ней радость побед и горечь неизбежных в научных исследованиях неудач.

З.В. Ершова – ярчайший пример беззаветного служения призванию, выбранному раз и навсегда. Еще в двадцатые годы XX в. она определила свою судьбу, окончив Московский университет по специальности «радиоактивность».

Научные достижения, весомый вклад З.В. Ершовой в создание ядерного оружия и развитие атомной энергетики в нашей стране были оценены по достоинству. Не менее важным является то, что она оставила после себя целую когорту соратников и учеников, успешно продолжающих традиции, которым следовал учитель, – самоотверженное служение науке, стремление к новым научным горизонтам, широта взглядов.

Роль и место З.В. Ершовой в отечественной науке лучше всего характеризуют слова академика, Героя Социалистического труда И.В. Петрянова, который тоже относит себя к ее ученикам: «Думаю, что не будет преувеличением сказать, что З.В. Ершова – одна из основателей химии радиоэлементов. На нее была возложена очень большая ответственность и ее заслуги перед Родиной переоценить нельзя».

Редколлегия

ЕРШОВА ЗИНАИДА ВАСИЛЬЕВНА

К 100-летию со дня рождения

М.В. Владимирова

Зинаида Васильевна Ершова – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, трижды лауреат Государственной (Сталинской) премии СССР. Премии присуждены в 1949, 1951 и 1954 гг. за участие в создании первой атомной и водородной бомб. Работала в ВНИИНМ с 1946 по 1989 гг.

Самый тяжелый, напряженный и ответственный период жизни ВНИИНМ приходится на 1946–1949 годы. Официальной датой создания НИИ-9 (ныне ФГУП ВНИИНМ) является 1945 г. Однако первые научные сотрудники появились в начале 1946 г. Тогда и началась работа. Для реализации Уранового проекта, создания первой советской атомной бомбы институт за три с половиной года должен был разработать технологии переработки облученного урана, получения препаратов плутония, металлического плутония и изделий из него, внедрить эти технологии в промышленность и создать технологию получения полония из облученного висмута. Все было сделано к августу 1949 г. – к сроку испытания первой советской атомной бомбы. В решении этих грандиозных задач главнейшую роль сыграли директор института Виктор Борисович Шевченко, начальник лаборатории Зинаида Васильевна Ершова, начальник отдела Андрей Анатольевич Бочвар.

Столетние юбилеи А.А. Бочвара и В.Б. Шевченко отметили в 2002 г. Настало время юбилея Зинаиды Васильевны Ершовой.

Зинаида Васильевна Ершова родилась 23 октября 1904 г. в Москве в семье служащего Василия Акимовича Ершова. Сначала училась в начальной городской школе, после революции – в школе второй ступени, которую окончила в 1921 г. В 1923 г. поступила в Московский государственный университет на физико-математический факультет. Увидев объявление о том, что в радиологическую лабораторию приглашаются студенты, записалась в нее и навсегда связала свою жизнь с радиоактивными элементами. Руководителем радиологической лаборатории был профессор В.И. Баранов.



З.В. Ершова – студентка Московского университета. 1925 г.

Летом 1924 г. состоялось знаменательное знакомство студентов этой лаборатории с Виталием Григорьевичем Хлопиным, который был заместителем директора созданного в 1922 г. Радиевого института Академии наук СССР, РИАН. С тех пор вся научная жизнь Зинаиды Васильевны проходила под внимательным присмотром, дружеским и деловым участием В.Г. Хлопина. Можно сказать, что при знакомстве в 1924 году он «положил на нее глаз», увидев в молодой, хрупкой женщине с красивыми выразительными глазами пылкий ум, организованность, большое стремление заниматься наукой.

Отношения З.В. Ершовой и В.Г. Хлопина помогали в дальнейшем становлению и развитию радиохимических работ в НИИ-9.

Дочь Зинаиды Васильевны, Ксения Андреевна Дроздова, рассказала, как до войны Виталий Григорьевич бывал у них в гостях. Пекли пироги, ее одевали в новое платье с матросским воротником.

В 1929 г. университет окончен и стоит проблема поиска работы. По совету В.Г. Хлопина Ершова отправилась в Трест редких и рассеян-

ных элементов и получила направление на Московский завод редких элементов, где в 1929–1930 гг. создавалось первое в нашей стране промышленное производство радия.

В январе 1930 г. З.В. Ершова поступила на работу в радиевый цех Московского завода редких элементов. В.Г. Хлопин, который был научным руководителем производства радия, ознакомил выпускницу университета с технологической схемой переработки урановых руд и дал много ценных советов по контролю производства. Сначала Зинаида Васильевна работала в качестве рядового физика, затем – начальника физической лаборатории.

В радиевом цехе работали В.Д. Никольский, Н.П. Страхов, Н.С. Повицкий, Е.С. Ульянова, К.Г. Швельблит, А.В. Фиолетова. Эти специалисты прошли на заводе хорошую радиохимическую школу и многие годы затем работали во ВНИИНМ.

В конце 1931 г. на заводе был первый выпуск радия. Количество препарата было примерно 200 мг, содержание радия 90%. Это была большая победа коллектива, который в основном состоял из выпускников институтов. Полученный радий в свинцовых контейнерах сотрудники цеха в сопровождении охраны на поезде перевозили в Ленинград в РИАН.



З.В. Ершова – физик радиевого цеха Московского завода редких элементов. 1932 г.

В 1932 г. в Ленинграде состоялась I Всесоюзная конференция по радиоактивности, в работе которой принимали участие Ершова и другие молодые сотрудники Завода редких элементов. Представители производства познакомились с молодыми учеными РИАНа, с которыми Зинаида Васильевна всю жизнь поддерживала научные и дружеские контакты.

В декабре 1936 г. в жизни Зинаиды Васильевны произошло важное событие. Ее направили в Париж для научной стажировки в Институте радия, в лабораторию Марии Кюри. В это время Марии Кюри уже не было в живых. В Институте радия Ершовой предложили самостоятельную работу в лаборатории Ирэн Жолио-Кюри по теме: «Определение отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в UY». Работа была сделана и опубликована в 1937 г. в JOURNAL de PHYSIQUE. Позднее (1943 г.) на основе материала, полученного в Институте радия, З.В. Ершова защитила кандидатскую диссертацию.

В августе 1937 г. З.В. Ершова возвратилась в Москву, возобновляются ее встречи с В.Г. Хлопиным. По его рекомендации ее направляют на работу в Гиредмет (Государственный институт редких металлов) и назначают сначала заместителем, затем начальником лаборатории радия. Это назначение свидетельствует о том, что Зинаида Васильевна зарекомендовала себя как способный ответственный молодой ученый. В лаборатории радия разрабатывались технологии переработки урановых руд и выделения из них редких элементов.



З.В. Ершова (в первом ряду крайняя слева) с сотрудниками своей лаборатории в Гиредмете. 1944 г.

В архиве Зинаиды Васильевны автор нашел необыкновенно интересный материал. Желтые от старости листы бумаги, исписанные довольно разборчиво Виталием Григорьевичем Хлопиным, в которых содержится подробнейшее и весьма хорошее заключение его по работе радиевой лаборатории Гиредмета (заведующая З.В. Ершова) за 1938 год.

Работа в Гиредмете была прервана в начале войны. З.В. Ершова с семьей была эвакуирована в Казахстан.

В феврале 1943 года З.В. Ершова получает правительственный вызов: «Срочно возвратиться в Москву для работы по специальности». Вызов был связан с тем, что Наркомцвет получил правительственное задание на организацию в Гиредмете некоторых работ по Урановой проблеме. Перед лабораторией З.В. Ершовой И.В. Курчатов поставил задачу получения карбида урана и металлического урана. Эти материалы были получены в Гиредмете в 1944 г. Их передавали И.В. Курчатову для ядерно-физических исследований и проведения опытов, необходимых для проектирования и строительства первого в нашей стране и Европе опытного реактора Ф-1.



Первый слиток металлического урана

В 1945 г. на заводе №12 в г. Электросталь была создана опытная установка по получению слитков металлического урана массой в несколько килограмм. Работы возглавляла З.В. Ершова.

С этого времени З.В. Ершова становится в ряд первых и известнейших ученых атомной промышленности. Ее авторитет в научных, производственных и официальных кругах был очень высок. За глаза ее называли «русская» мадам Кюри.



З.В. Ершова – начальник лаборатории радия Гиредмета. 1944 г.

Интересный историко-биографический факт. Завод №12 был ранее Богородским казенным снаряжательным заводом, основанным в поселке Затишье (ныне г. Электросталь) в 1915 г. промышленником Николаем Александровичем Второвым. Несколько лет тому назад в г. Электросталь ему поставлен памятник. Муж Зинаиды Васильевны Серафим Второв, который в 1929 г. умер от тифа, принадлежал к этой династии российских промышленников.

Отметим, что на опытной установке в г. Электросталь работала сотрудница Гиредмета молодой специалист Татьяна Сергеевна Меньшикова, которая затем стала ведущим ученым ВНИИНМ.

Получение металлического урана было важным и этапным событием в реализации Уранового проекта. Зинаида Васильевна рассказывала, как в один прекрасный день она была вызвана в Кремль к Берии, который возглавлял правительственный комитет для решения всех проблем Уранового проекта. Образец урана поместили в красивую бархатную коробочку и в сопровождении И.В. Курчатова, Б.Л. Ванникова, И.К. Кикоина и других З.В. Ершова предстала перед самим Лаврентием Павловичем и кратко рассказала о получении урана. Берия задавал вопросы личного характера и в конце встречи сказал, что ее наградят за эту работу. Действительно, вечером того же дня ей домой доставили большую по тем временам сумму денег.

В начале работ по Урановому проекту в стране было всего два института, работавших с радиоактивными веществами, ИАН и Гиредмет. Было ясно, что необходимо создание научно-исследовательского института широкого профиля для решения химических, металлургических и других задач по Урановой проблеме. В своих воспоминаниях Зинаида Васильевна пишет: «Я как начальник лаборатории взяла на себя ответственность в постановке вопроса о создании нового института перед руководством». Это было изложено в докладной записке А.П. Завенягину, одному из членов Специального комитета. Достаточно быстро было принято положительное решение. В декабре 1944 г. вышло постановление Государственного Комитета Обороны об организации Института специальных материалов, которому в то время было присвоено название НИИ-9. Директором был назначен инженер-полковник Виктор Борисович Шевченко. Начался подготовительный период. В.Б. Шевченко, З.В. Ершова с представителями НКВД обследовали предложенную территорию недостроенного института экспериментальной медицины на Октябрьском поле. Хотя корпуса, предназначенные для работы с животными (А и Б), мало подходили для научно-исследовательского института, было принято решение о срочном составлении технического задания на проектировании нового института на базе института экспериментальной медицины.

К началу 1945 г. был выполнен проект нового института по техническому заданию, составленному З.В. Ершовой, В.Д. Никольским, Н.С. Повицким. Проект был направлен на рецензию В.Г. Хлопину, который вскоре пригласил Зинаиду Васильевну приехать к нему домой на Московскую

квартиру. Зинаида Васильевна вспоминала. Виталий Григорьевич, не скрывая своего раздражения, произнес: «Вы что же, сударыня, задумали создать новый институт и забрать в него всю современную тематику? Вас уже не удовлетворяет Радиевый институт?»

Обращение «сударыня» или «сударь» В.Г. Хлопин употреблял только в случае сильного раздражения. В результате длительного, бурного обсуждения Виталий Григорьевич сменил гнев на милость, заверил Зинаиду Васильевну, что отзыв на проект будет положительным, и пожелал ей успеха в новом деле.

Таким образом, З.В. Ершова является как бы прородительницей нашего института. В начале 1946 г. З.В. Ершова с группой сотрудников Гиредмета и завода редких элементов переходит работать в НИИ-9. Для института и его директора В.Б. Шевченко это было знаменательным и очень важным событием. З.В. Ершова в то время одна из немногих сотрудников института имела специальное образование и производственный опыт работы с радиоактивными элементами. Она была знакома с Игорем Васильевичем Курчатовым, находилась в дружеских и тесных деловых отношениях с Виталием Григорьевичем Хлопиным и имела высокий научный авторитет среди руководителей Уранового проекта. Это очень помогало при организации института.

З.В. Ершову назначили начальником первой радиохимической лаборатории института (Л-11). Несмотря на скромное официальное положение, она, по существу, вместе с В.Б. Шевченко в первые два года руководит работой радиохимического отделения института.

У В.Б. Шевченко и З.В. Ершовой были замечательные деловые и дружеские отношения в течение всей жизни.

Лаборатория Ершовой занималась разработкой методов получения весовых количеств соединений плутония из облученного урана. В недрах лаборатории по техническому заданию, составленному З.В. Ершовой, В.Д. Никольским, М.А. Белокуровой, М.В. Угрюмовым и др., была создана полупромышленная установка У-5, которая сыграла большую роль в разработке технологии получения препаратов плутония и строительстве специального завода на комбинате «Маяк». С начала 1947 г. на У-5 для получения препаратов плутония начали поступать урановые блочки, облученные в реакторе Ф-1 Института атомной энергии. Поздней ночью

18-го декабря 1947 г. молодые сотрудницы М.Е. Пожарская, Р.Е. Картушева, А.В. Елькина, К.П. Луничкина в присутствии начальника лаборатории З.В. Ершовой впервые в СССР получили весовые количества препарата плутония (73 микрограмма). Это было большим достижением радиохимиков института, лаборатории З.В. Ершовой. Научным руководителем этих работ был Всеволод Дмитриевич Никольский – один из соратников и помощников З.В. Ершовой. Он был очень образованный, эрудированный химик и радиохимик.



Мемориальная доска в честь получения первых весовых количеств плутония



З.В. Ершова с сотрудниками Л-11 и У-5, принимавшими участие в получении первого плутония. 1948 г.

В первые годы жизни института З.В. Ершова проводила большую просветительную работу среди научных сотрудников, давая основы ядерной физики, радиохимии, техники безопасности.

В 1946 г. в лаборатории З.В. Ершовой начали работу по заданию И.В. Курчатова и В.Г. Хлопина по переработке 15-и г эквивалента радия, хранившегося в запаянных ампулах в течение двадцати лет в госфондах Министерства финансов. Цель переработки – выделение полония-210 и изготовление полоний-бериллиевых нейтронных источников. Такие источники были остро необходимы физикам. Предполагалось использовать их для нейтронного запала в атомном оружии.



У-5 награждают переходящим красным знаменем. 1947 г.

Работу с радием и полонием проводили в маленьком здании на месте, где сейчас находится корпус И-2.

Руководителями работ по получению полония из радия были З.В. Ершова, В.Д. Никольский и сотрудник РИАНа Д.М. Зив. Радиевый институт к этому времени сделал много основополагающих работ по химии и электрохимии полония. Сотрудничество З.В. Ершовой и ее лаборатории с РИАНом по проблеме полония продолжалось в течение многих лет.

В 1948 г. З.В. Ершова полностью переключилась на полониевую тематику. Она создает новую лабораторию, сохраняя за ней №11. Сотрудники, работавшие с плутонием, группируются в лаборатории №10.

Встала проблема создания технологии получения больших количеств полония из облученного в реакторе металлического висмута. Под научным руководством З.В. Ершовой и Д.М. Зива была разработана технология, получившая название «мокрой». Она заключалась в растворении облученных висмутовых блоков в азотной кислоте, спонтанном осаждении полония на медном или висмутовых порошках с последующей вакуумной возгонкой металлического полония. В 1948 г. в лаборатории З.В. Ершовой создана полупромышленная установка (У-11) получения полония, расположившаяся в здании, где вскрывали ампулы с радием. Там же изготавливались нейтронные источники. В первой отечественной атомной бомбе, испытанной в 1949 г., использовали полоний, полученный на установке У-11.



*Заместитель директора О.Е. Звягинцев вручает начальнику Л-11
З.В. Ершовой знамя победителя в соцсоревновании. 1949 г.*

При получении больших количеств полония создавалась опасная для здоровья сотрудников радиационная обстановка, особенно за счет образования радиоактивных аэрозолей. З.В. Ершова привлекла к решению этой проблемы академика Игоря Васильевича Петрянова. На У-11 впервые были опробованы фильтры Петрянова для улавливания радиоактивных аэрозолей.

Установка для получения полония в ВНИИНМе работала до 1952 г. Разработанная двумя институтами технология была использована для создания в 1952 г. крупного промышленного производства полония в Арзамасе-16 (ныне город Саров).

В 1952 г. Ученый совет института, учитывая работу З.В. Ершовой по созданию промышленной технологии получения полония, присуждает ей степень доктора наук без защиты диссертации.

В начале шестидесятых годов конструкторы атомного оружия в СССР отказались от использования полония. Но возникла новая проблема использования его в малой атомной энергетике для создания изотопных источников тепла и электричества.

Для изотопной энергетики необходимы были большие количества полония. Этот период в истории «русского» полония характеризуется появлением новых научных и технологических направлений, связанных с созданием принципиально новой «сухой», безопасной, высокопроизводительной технологии получения больших количеств полония из облученного висмута и твердых соединений полония для изотопных источников энергии.

Новая технология получения полония, разработанная во ВНИИНМ под научным руководством З.В. Ершовой и Б.В. Петрова, основана на вакуумной дистилляции полония из расплава облученного висмута. Созданный аппарат колонного типа мог перерабатывать до 100 кг/ч жидкого висмута с получением 1 г/ч ($5 \cdot 10^3$ кюри/ч) полония. Такая технология была внедрена в Арзамасе-16 в 1968 г. Это было большое достижение ученых ВНИИНМ и других институтов. В результате внедрения новой «сухой» технологии загрязнение помещений и оборудования полонием снизилось до допустимых норм и были созданы безопасные условия труда для работающих (подробно о создании «сухой» технологии см. статью Ю.Г. Клубукова в настоящем сборнике).

В этот период в связи с проблемой получения изотопных источников энергии начало развиваться новое для российских радиохимиков научное направление – химия твердых соединений полония. Эти исследования проводили во ВНИИНМ под научным руководством З.В. Ершовой ее ученики Е.С. Прокин и А.С. Абакумов с сотрудниками. За цикл работ по химии полония в 1968 г. З.В. Ершовой была присуждена премия АН СССР имени В.Г. Хлопина.



*Ответственный эксперимент с полонием, 1969 г.
А.С. Абакумов, З.В. Ершова, В.С. Купцов*

Широкое использование полония в изотопной энергетике в нашей стране началось с середины шестидесятых годов. В 1965 г. были изготовлены на полониде иттрия два блока «Орион» (12–17 тыс. кюри, 18 эл. Вт), которые были использованы в генераторах тока на спутниках связи «Космос–84» и «Космос–90». В 1968, 1970, 1972 гг. для реализации национальной программы запуска луноходов были созданы три тепловых блока (23–27 тыс. кюри, 720–840 тепл. Вт) для обогрева аппаратуры самоходных станций «Луноход-1» и «Луноход-2». В блоке было 7 ампул с полонидом иттрия, каждая из которых содержала 5000 кюри полония. Полонид иттрия получали на заводе в Арзамасе-16 сотрудники Л-11

Е.С. Прокин и А.С. Абакумов. Запуск луноходов с источниками тепла на полониде иттрия было большим достижением сотрудников лаборатории З.В. Ершовой.



З.В. Ершова в кругу «полонистов», 1969 г.

*Слева-направо: Л.Н. Новиков, Б.В. Петров, З.В. Ершова, Е.С. Прокин,
И.Д. Кузнецова, А.С. Абакумов, В.С. Купцов*

В 1974 г. вышла книга З.В. Ершовой и А.Г. Волгина «Полоний и его применение».

После 1949 г., т.е. после испытания первой атомной бомбы, перед лабораторией З.В. Ершовой и другими лабораториями была поставлена новая грандиозная задача – разработка технологии получения трития из облученных литиевых материалов. Большие количества трития были необходимы для создания первой советской водородной бомбы, которая была испытана в августе 1953 г. Руководителями работ по созданию технологии получения трития и ее внедрению на комбинате «Маяк» были назначены Кирилл Андреевич Большаков и Зинаида Васильевна Ершова. Здесь я не буду излагать эту проблему, поскольку ей посвящена моя статья «Создание технологии получения трития», опубликованная в настоящем сборнике. Скажу только следующее: успешное решение этой

сложнейшей задачи в кратчайший срок поставило Зинаиду Васильевну Ершову в число выдающихся отечественных ученых и технологов радио-активных производств.

Автор принимал участие во внедрении и усовершенствовании первых промышленных технологий получения полония и трития и был свидетелем тех трудностей и опасных ситуаций, которые возникали. Руководитель работ З.В. Ершова всегда находила правильные и единственно возможные решения, проявляя при этом необыкновенные волевые, организационные и человеческие качества. Авторитет ее был непререкаем.

Работа с тритием стала для Зинаиды Васильевны основным полем деятельности в последующие годы. В начале 60-х годов она начала проводить в своей лаборатории исследования по тритиевому топливному циклу термоядерных реакторов и установок (см. статью В.К. Капышева в настоящем сборнике).

Зинаида Васильевна кропотливо и терпеливо вела сотрудников лаборатории, подающих надежды, к завоеванию научных вершин. Под ее руководством защитили кандидатские диссертации более десяти сотрудников. Трое защитили докторские диссертации.

Зинаида Васильевна любила свою лабораторию, и мы всегда устраивали юбилеи.



Лаборатории №11 – 20 лет. 1966 г.

З.В. Ершова с ветеранами лаборатории и почетными гостями



*Зинаида Васильевна с радостью принимает поздравления
с юбилеем лаборатории*



Лаборатории 11 – 25 лет. Поздравляет В.В. Фомин



Лаборатории 11 – 35 лет

Сотрудники лаборатории относились к Зинаиде Васильевне с большим уважением. Мы гордились тем, что у нас такая выдающаяся начальница. Мы с большой ответственностью и любовью участвовали в организации юбилеев Зинаиды Васильевны.



*Торжественное заседание, посвященное 70-летию З.В. Ершовой.
24-го октября 1974 г. Зинаида Васильевна вспоминает минувшие дни*



*Торжественное заседание, посвященное 70-летию З.В. Ершовой.
Поздравление академика А.А. Бочвара*



*Торжественное заседание, посвященное 70-летию З.В. Ершовой.
Поздравление академика И.В. Петрянова*



*Торжественное заседание, посвященное 70-летию З.В. Ершовой.
Поздравление учеников*



*Торжественное заседание, посвященное 70-летию З.В. Ершовой.
Актальный зал ВНИИНМ*



*Заседание, посвященное 80-летию З.В. Ершовой.
В президиуме Б.Б. Кадомцев, А.С. Никифоров*

З.В. Ершова вела очень активную научно-общественную жизнь. Она много лет совместно с В.С. Колтуновым и М.В. Владимировой была руководителем Межведомственного семинара по радиохимии, который проходил в ее кабинете в корпусе «Б». Этот семинар сыграл большую роль в развитии российской радиохимии. Многие ученые опробировали на нем свои кандидатские и докторские диссертации.

Зинаида Васильевна в любые годы с легкостью ездила на конференции, семинары, совещания. Она имела постоянные научные контакты со многими учеными других институтов.

В лаборатории З.В. Ершовой в первые годы работало много известных ученых: Эля Моисеевич Центер, Елизавета Генриховна Грачева, Илья Евсеевич Нахутин, Константин Григорьевич Швебельблит, Борис Васильевич Петров, Марк Владимирович Хацкевич, Владимир Николаевич Введенский, Георгий Петрович Новоселов. Без этих ученых и других сотрудников лаборатории не могли быть решены те большие и сложные задачи, о которых сказано выше. В последующие годы Э.М. Центер, И.Е. Нахутин, К.Г. Швебельблит, М.В. Хацкевич, Г.П. Новоселов стали начальниками специализированных лабораторий. Таким образом, Л-11 явилась кузницей кадров руководителей лабораторий.



*Международный симпозиум по химии трансурановых элементов.
Москва. 1972 г. В первом ряду В.И. Парамонова, З.В. Ершова, Глен Сиборг,
В.И. Спицын, М.В. Владимирова*



З.В. Ершова и В.И. Гребенщикова в РИАНе. 1975 г.



Зинаида Васильевна поздравляет Константина Антоновича Петржака с 70-летием. РИАИ, 1977 г.



А.С. Никифоров, З.В. Ершова, Г.Н. Флеров, М.В. Владимирова, А.М. Розен на XI Менделеевском съезде в Баку. 1981 г.



З.В. Ершова, Г.Н. Флеров в дубне. 1988 г.

В середине пятидесятих годов автор увлекся новой наукой – радиационной химией. Зинаида Васильевна всячески поощряла развитие новых научных направлений и после защиты мною в 1973 г. докторской диссертации передала свою лабораторию мне, оставив за собой руководство отделом. Так возникла в нашем институте лаборатория радиационной и ядерной химии. Л–11 (так ветераны называют нашу лабораторию до сих пор), отметившая в 1996 г. 50-летний юбилей, – единственная в институте лаборатория, которой в течение всего этого времени руководили женщины. С 1946 по 1973 гг. З.В. Ершова, с 1973 по 1997 гг. – М.В. Владимирова.

Зинаида Васильевна была строгим руководителем. Сотрудники при встрече с ней испытывали трепет и робость. В то же время она была добрым и отзывчивым человеком, помогавшим многим в трудные периоды жизни. Она участвовала в лабораторных мероприятиях, посвященных различным событиям и юбилеям. Многие сотрудники каждый год 23 октября приходили к ней в гости на день рождения. Она была радушной и гостеприимной хозяйкой. В быту Зинаида Васильевна была очень «домашним» человеком. Она любила вязать, раскладывать пасьянс, ухаживать на даче за цветами.



З.В. Ершова на рабочем месте. 1979 г.



Зинаида Васильевна на даче



В минуты отдыха, в любимом кресле



Последняя фотография Зинаиды Васильевны. Ей 90 лет. В гостях у нее и дочери Ксении Андреевны К.Г. Ткач, Т.С. Меньшикова, М.В. Владимирова

Автор проработал много лет рядом с Зинаидой Васильевной и не переставал удивляться и восхищаться ею. У нее были многогранные научные интересы, особая интуиция, кладезь знаний и опыта, большая заинтересованность в делах института, стремление к развитию новых научных направлений.

Зинаида Васильевна в своей деятельности и жизни следовала лучшим традициям российской науки – честь и достоинство, скромность, широта взглядов, принципиальность, стремление к новому, самоотверженное служение науке. Соратники и ученики З.В. Ершовой прекрасно сознают, с каким выдающимся человеком и ученым они работали, как много она сделала для атомной науки и промышленности, для авторитета нашего института, инициатором создания которого она была.

Зинаида Васильевна ушла на пенсию в 1989 г. Без каких-либо торжественных проводов. Она сделала небольшой доклад на НТС института, который прошел под председательством директора Александра Сергеевича Никифорова, который в последние годы работы Зинаиды Васильевны очень внимательно относился к ней. Он понимал, как трудно такому человеку и ученому уйти на пенсию. До последних дней своей жизни Зинаида Васильевна интересовалась делами своих учеников и лаборатории. Она скончалась 25-го апреля 1995 г. на 91-м году жизни. Похоронена на Ваганьковском кладбище в Москве.

МАРИЯ КЮРИ. ЗИНАИДА ЕРШОВА. РАДИЙ. ПОЛОНИЙ

М.В. Владимирова



Marya Skłodowska Curie

Мария Склодовская-Кюри



Зинаида Васильевна Ершова

В 2004 году сошлись две даты – 70 лет со дня смерти Марии Кюри (4 июля 1934 г.) и 100 лет со дня рождения Зинаиды Васильевны Ершовой (23 октября 1904 г.). Этих ученых объединяют два химических элемента – полоний и радий, изучению физико-химических свойств и практическому использованию которых они посвятили многие годы своей жизни.

Настоящая статья посвящена памяти двух ученых, Марии Кюри, Зинаиде Ершовой и истории двух великих химических радиоактивных элементов – радия и полония.

Мария Кюри родилась 7 ноября 1867 г. в Варшаве в семье учителя Иосифа Склодовского. В 1891–1894 гг. Мария Склодовская – студентка Парижского университета – Сорбонны, в 1895 г. выходит замуж за известного ученого-физика Пьера Кюри, с которым начинает работать

в Городском институте физики и химии. В 1897 г. у них рождается дочь Ирэн, в 1904 г. – дочь Ева.

Заинтересовавшись лучами А. Беккереля, испускаемыми ураном и открытыми в 1896 г., Мария Кюри исследовала все известные в то время химические элементы, а также некоторые минералы и руды с целью обнаружения в них этих лучей. Было найдено, что, кроме урана, только торий испускает лучи Беккереля. Свойство элементов испускать лучи ученой назвала радиоактивностью. Опыты Марии Кюри, которые проводились в старом сарае во дворе Института физики и химии, показали, что некоторые урановые и ториевые руды обладают аномальной радиоактивностью, превышающей таковую урана и тория. Она выдвинула гениальную гипотезу, что эта радиоактивность принадлежит новому химическому элементу. Дальнейшие исследования по проверке этой гипотезы проводили вместе Мария и Пьер Кюри. 18 июля 1898 г. на заседании Парижской академии наук они сделали сообщение «О новом радиоактивном веществе, содержащемся в смоляной обманке». В сообщении говорилось: «Мы полагаем, что вещество, которое мы извлекли из руды, содержит в себе еще не описанный металл, по своим аналитическим свойствам близкий к висмуту. Если существование этого металла подтвердится, мы предлагаем назвать его полонием – по имени страны, откуда происходит один из нас». В декабре того же года супруги Кюри, работавшие с химиком Бемоном, объявили об открытии «...нового сильно радиоактивного вещества сопровождающего барий, для которого предлагается название радий». В этом же сообщении впервые появился предложенный Марией Кюри термин «радиоактивность».

Полоний, выделенный супругами Кюри из урановой руды, имел атомный вес 210 и период полураспада 138 дней, он – чистый альфа-излучатель. Период полураспада радия 1600 лет. Для определения атомного веса радия, который оказался равным 226, Марии Кюри потребовалось 45 месяцев напряженного труда по переработке многих тонн отходов урановой руды. Сырье в основном доставлялось из Чешского городка Иохимшталь (в настоящее время Яхимов). Автору посчастливилось в юбилейном 1998 году (100 лет со времени открытия полония и радия) участвовать в работе 13-й Радиохимической конференции в Марианских Лазнах в Чехии и побывать в Яхимове. Урановые рудники закры-

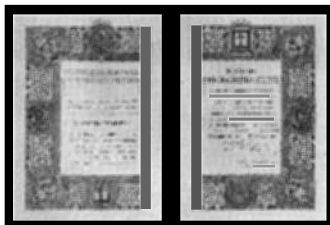
ты, имеется прекрасная радоновая лечебница, обелиск супругам Кюри и маленький мемориальный музей.



Мемориал в честь супругов Кюри в г. Яхимове (Чехия)

Ни одно из величайших научных открытий не было сопряжено с такими колоссальными физическими и моральными трудностями ученых, как открытие полония и радия. Подвижнический труд супругов Кюри – это ярчайший пример человеческого подвига во имя науки.

В 1903 г. Нобелевская премия по физике была присуждена Антуану Беккерелю за открытие самопроизвольной радиоактивности, Пьеру и Марии Кюри за их работы, относящиеся к излучению, открытому Беккерелем.



Дипломы Нобелевских премий Марии и Пьера Кюри

В 1904 г. на русском языке вышли отдельными изданиями две работы Склодовской-Кюри: «ИЗСЛѢДОВАНИЯ НАДЪ РАДІОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ» в переводе П.М. Факторовича и «РАДІЙ и радіоактивные вещества» в переводе В.М. Филиппова.

Каждый химический элемент системы Д.И. Менделеева, так же как и человек, имеет свою судьбу. Одни из них в течение всего времени плодотворно используют; другие пребывая какое-то время мало востребованными, становятся необходимыми; третьи – с самого рождения, испытав славу своей необходимости, со временем забыты и не нужны. Как же сложились судьбы полония и радия?

После открытия радиоактивности урана и тория, после открытия и получения полония и радия многие ученые начали исследования с этими элементами. Главный результат исследований, проводимых с препаратами тория, – открытие в 1902 г. Эрнстом Резерфордом и Фредериком Содди естественного превращения элементов и создание теории радиоактивного распада атомов.

История полония и радия уникальна. Обладая ядерным излучением большой мощности, они сыграли исключительную роль в развитии науки и техники XX столетия. Использование полония и радия открыло новую эру в физике, ядерной физике, химии, медицине. Назову главнейшие, эпохальные открытия, сделанные с использованием этих элементов:

1917–1919 гг. Э. Резерфорд, облучая азот альфа-частицами радия, обнаружил образование протонов и изотопов кислорода с массой 17, то есть открыл искусственное превращение элементов, открыл ядерные реакции.

1932 г. – Дж. Чадвик, облучая бериллий альфа-частицами радия, открыл нейтрон. Нейтрон получили и при облучении бериллия альфа-частицами полония.

1933 г. – супруги Ирэн и Фредерик Жолио-Кюри, облучая альфа-частицами полония и радия бор, магний, алюминий открыли новый вид радиоактивного превращения – позитронный распад, который принадлежал элементам, образованным в результате ядерных реакций. Таким образом, была открыта искусственная радиоактивность.

Вначале к нейтрону было скептическое отношение, многие физики, в том числе и Жолио-Кюри, считали, что он, в отличие от альфа-частиц, не может производить ядерные превращения. Однако гениальный Энрико Ферми сразу понял, какая сила заключается в нейтроне. Облучая нейтронами 68 элементов, Ферми с сотрудниками в 37-и из них обнаружил образование новых элементов, обладающих радиоактивностью, т.е. тем самым он надежно подтвердил явление искусственной радиоактивности и показал эффективность нейтронов для ядерных превращений. В этих же опытах Ферми открыл эффект замедления нейтронов водой и парафином, названный «эффектом Ферми», приводивший к увеличению интенсивности ядерных превращений.

После опытов Ферми интерес к нейтронным источникам, а тем самым к полонию и радю чрезвычайно возрос.

1938–1939 гг. – О. Хан и Ф. Штрассман, облучая уран нейтронами бериллий-радиевого источника, получили результаты, которые Л. Мейтнер и О. Фриш интерпретировали как деление ядер урана. Исследуя этот процесс с использованием бериллий-полониевых источников нейтронов, Жолио Кюри один из первых открыл явление размножения нейтронов, то есть открыл путь к созданию атомной взрывчатки.

Из представленного перечня видно, что без полония и радия не могли быть осуществлены величайшие научные открытия в области физики первой половины XX столетия. Эти открытия привели к созданию современных теорий строения материи.

К эпохальным открытиям можно отнести открытие биологического действия излучения эмманации радия и его самого, которое, с одной стороны, может привести к образованию злокачественных опухолей, а с другой стороны, в определенных дозах – к их уничтожению.

Великая открывательница полония и радия Мария Кюри, так же как и ее дочь Ирэн и зять Фредерик, умерли от лейкемии, вызванной многолетней работой с полонием и радием. Диссертация Ирэн Жолио-Кюри была посвящена изучению ядерно-физических свойств альфа-частиц полония. В их лаборатории был самый мощный в мире источник полония. Один из ученых сказал: «Полоний – орудие славы Ирэн и Фредерика Жолио-Кюри – стал одновременно причиной их безвременной смерти».

В 1906 г. в жизни мадам Кюри произошло трагическое событие – гибель супруга под копытами лошади. После гибели Пьера Кюри мадам Кюри назначают на место профессора факультета естествознания Сорбонны, которое он занимал. Впервые в истории французской высшей школы женщина получила профессорскую кафедру. Она создает и читает первый и единственный в то время курс лекций по радиоактивности. Мария Кюри не прерывает научную деятельность, которая связана с изучением ядерных и физико-химических свойств ряда радиоактивных элементов. В литературе отмечено, что точность измерения Марией Кюри периодов полураспада соперничает с точнейшими астрономическими методами определения времени. Она получает различные химические соединения радия, ей удалось получить и металлический радий. Изготовленный Марией Кюри в 1911 г. эталон радия до 1935 г. оставался единственным международным эталоном.

В 1911 г. Мария Кюри получила вторую Нобелевскую премию (исключительный случай) по химии за выделение чистых солей радия и идентификацию его как элемента.

Мария Кюри в зените славы. На улице Пьера Кюри строится Институт Радия с двумя отделениями: радиоактивная лаборатория под руководством Марии Кюри и лаборатория биологических исследований и радиотерапии под руководством Клода Рего. Обе лаборатории будут работать сообща над развитием науки о радии. В июне 1914 г. закончено строительство Института Радия. Мадам Кюри счастлива, она вспоминает слова Пастера:

«Если завоевания для пользы человечества волнуют вашу душу, если вас потрясают изумительные достижения науки, если участие вашего отечества в расцветании наук пробуждает в вас чувство соревнования, то заклинаю вас: проникнитесь интересом к тем священным обителям, которым дано выразительное наименование – лаборатории. Требуйте, чтобы умножали их число и украшали. Это храмы будущего богатства и благосостояния. В них человечество возвеличивается, обретает славу и делается лучше. Там оно учится читать произведения природы, творить ради прогресса и всеобщей гармонии, тогда как собственные деяния человечества очень часто идут от варварства, от фанатизма и от инстинкта разрушения».

Какие замечательные слова!

Родина Марии Склодовской-Кюри – Польша – переживала трудные времена. К ней обращались писатели, ученые, политические деятели с просьбой вернуться в Варшаву. В одном из посланий говорится: «Имея тебя в Варшаве, мы почувствуем себя сильнее, мы вновь поднимем свои головы, склоненные под гнетом стольких бедствий». Кюри не может покинуть Париж. Долг перед наукой превыше всего. В 1913 г. Кюри едет в Варшаву на открытие лаборатории радиоактивности. В последующем она по мере своих возможностей заочно руководит работой этой лабораторией.

В 1932 г. с участием Марии Кюри, которая передала Польше 1 грамм радия, в Варшаве открывается Институт радия.

Во время первой мировой войны Мария Кюри оборудовала 200 стационарных рентгеновских кабинетов и 20 рентгеновских автомобилей, которые на фронте называли «кюричками». В это время у мадам Кюри был один грамм радия, который она посвящает «службе эмманации». Радий, его эмманация, подобно рентгеновским лучам, способствовали лечению плохо рубцующихся ран и многих повреждений кожи.

В 1919 г. начинает полнокровно работать Институт Радия, мадам Кюри во главе своей лаборатории. Она руководитель многих работ и сама проводит исследования. Последняя экспериментальная ее работа – получение актиния X. С полонием сама Мария Кюри практически

не работает и чувствует себя виноватой перед ним. Если что-то у нее не получается, она говорит: «На меня сердится полоний». Сотрудники лаборатории, в частности Моисей Гайсинский, проводят серьезные исследования по химии и электрохимии полония, устанавливая основные закономерности его поведения в водных средах.



Мария Кюри в лаборатории

В 1920 г. в жизни Кюри произошло важное событие. В лаборатории появилась миссис Уильям Броун Мелоней – журналистка одного из крупных Нью-Йоркских журналов, восхищенная жизнью и работой мадам Кюри. В беседе двух дам выяснилось, что в Америке есть 50 грамм радия, во Франции, у Кюри, – один грамм. Для продолжения исследовательских работ и получения эмманации ей нужен хотя бы еще один грамм радия, но купить его она не может, нет средств. Отметим, что Нобелевскую премию 1911 г. Кюри вложила в Государственный военный заем Франции. Средства возвращены не были. Миссис Мелоней, пораженная отсутствием у Кюри радия, начинает действовать. В США она создает специальный комитет, который организует подписку в «Фонд Радия Марии Кюри».

Не прошло и года, как миссис Мелоней пишет Кюри: «Деньги собраны, радий – ваш!». На этом не заканчивается бурная деятельность американки: в 1921 г. она организует поездку Марии с дочерьми в Соединенные Штаты Америки, которая продолжалась несколько месяцев. Поездка была триумфальной, и в Париж мадам Кюри вернулась с радием.

Мария Кюри, как пишет ее дочь Ева, в жизни была скромным, приветливым, но очень решительным и настойчивым человеком. Она все свое свободное время посвящала дочерям, прогулкам на природе и благоустройству сада на даче.



Мария Кюри с дочерьми

Мадам Кюри была избрана почетным членом многих иностранных Академий наук, в том числе АН СССР (1926 г.), но Французская Академия не приняла ее в свои ряды.

В 1932 г. Мария Кюри была избрана членом-корреспондентом Французской Медицинской академии наук. Причем все претенденты на свободное кресло отказались от него в пользу мадам Кюри.

Мария Кюри скончалась 4 июля 1934 г. Она была похоронена рядом с Пьером Кюри в маленьком городке Со недалеко от Парижа. Некоторое время тому назад прах Марии и Пьера Кюри перенесен в Париж, в Пантеон, где похоронены выдающиеся граждане Франции. За Пантеоном когда-то стояло старое здание Института физики и химии, в котором супруги Кюри сделали свои великие открытия. Круг замкнулся.

Заключительным аккордом жизни и деятельности Марии Кюри была ее книга – «РАДИОАКТИВНОСТЬ», которая вышла в свет через год после кончины ученой.

Книга Марии Кюри вышла на русском языке в 1947 г. в переводе Зинаиды Васильевны Ершовой и Всеволода Дмитриевича Никольского.

Зинаида Васильевна Ершова, один из старейших радиохимиков нашей страны, родилась 23 октября 1904 г. в Москве. В 1923 г. поступила в Московский государственный университет на физико-математический факультет в радиологическую лабораторию.

В 1924 г. студенты радиологической лаборатории познакомились с Виталием Григорьевичем Хлопиным, который стал для Зинаиды Васильевны учителем, внимательным товарищем, коллегой. Дружба В.Г. Хлопина с З.В. Ершовой состоялась, конечно, благодаря тому, что он увидел в ней умного, серьезного, талантливого, беззаветно преданного радиоактивности специалиста и ученого.

В те далекие годы в нашей стране велась интенсивная работа по поиску радона в минеральных водах Кавказа. Студенты радиологической лаборатории Московского университета во время практики также этим занимались.



*Студентка Ершова отбирает пробы воды на содержание радона.
Пятигорск. 1925 г.*



*З.В. Ершова на практике в Пятигорском
институте Больнеологии. 1927 г.*

В 1928 г. Зинаида Васильевна вышла замуж за молодого математика Серафима Второва. Через год муж умер от тифа.

В 1929 г. университет окончен и по рекомендации В.Г. Хлопина З.В. Ершова начинает работать на Московском заводе редких элементов, где в 1929–1930 гг. создавалось первое промышленное производство радия для переработки урановой руды Тюя-Муюнского месторождения. Завод находился в Марьиной роще на Полковой улице.

Как вообще в то время развивались радиевые дела в России?

Усилия российских ученых были направлены главным образом на поиски руд для получения радия, разработку методов его выделения из руды данного состава, изучение радиоактивности природных объектов. В 1915 г. Владимир Иванович Вернадский в Ленинграде организовал Радиологическую лабораторию Академии наук, куда пригласил работать Виталия Григорьевича Хлопина. Хлопин начал заниматься радиоактивностью и проблемой выделения радия из урановых руд. Для получения чистых препаратов радия был использован метод дробной кристаллизации хлоридов и бромидов радия и бария, разработанный Кюри и Дебьерном.

Значительной исторической вехой было решение ВСНХ (Высший Совет народного хозяйства) об организации пробного радиевого производства на химическом Бандюжском заводе, расположенном в Татарии на реке Каме. Руководителями работ были В.И. Башилов и В.Г. Хлопин. В декабре 1921 г. были получены первые русские препараты радия, которые представляли собой хлориды бария с содержанием хлоридов радия 1–10%. Завод проработал до 1924 г.

Интенсивно химия радия развивалась в Радиевом институте Академии наук (РИАН), который был создан в 1922 г. Первым директором института был Владимир Иванович Вернадский, с 1939 по 1950 гг. – Виталий Григорьевич Хлопин. Основная цель исследований, проводимых в РИАНе, – создание эффективных технологий выделения радия из руд и разработка методов аналитического контроля его. В.Г. Хлопин с сотрудниками широко исследовал соосаждение радия с различными носителями. Б.А. Никитин, А.Е. Полесицкий изучали растворимость различных соединений радия. В 1934 г. Б.А. Никитин открыл первую качественную реакцию на радий. Оказалось, что хромат радия в отличие

от хромата бария труднорастворим, а следовательно, радий можно определять в присутствии бария. И.Е. Старик, Б.А. Никитин, В.М. Вдовенко изучали адсорбцию радия на стеклах различного состава и десорбцию его.

Итак, в январе 1930 г. Ершова поступает на работу в радиевый цех Московского завода редких элементов. В конце 1931 г. на заводе состоялся первый выпуск радия. Количество препарата было примерно 200 мг, содержание радия 90%. Это была большая победа коллектива, который в основном состоял из выпускников институтов. Полученный радий в свинцовых контейнерах сотрудники цеха в сопровождении охраны на поезде перевозили из Москвы в Ленинград в Радиевый институт.

Производство радия в Москве на Заводе редких элементов закончилось в 1934 г. в связи с отсутствием разведанных запасов радиоактивных руд Тюя-Муюнского месторождения. В Ухте было создано новое производство получения радия-мезотория из природных вод Ухтинского месторождения. Наличие препаратов радия привело к развитию в нашей стране радиотерапии.

В декабре 1936 г. Зинаиду Васильевну направляют в Париж для научной стажировки, в Институт радия. Там она попадает в круг людей, которые многие годы работали с Марией Кюри, сделали выдающиеся открытия в ядерной физике и которые щедро делились с ней знаниями и навыками работы на различных приборах. За 7 месяцев под руководством Ирэн Жолио-Кюри Зинаида Васильевна сделала экспериментальную работу по теме: «Определение отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в UY». В 1943 г. по этому материалу З.В. Ершова защитила кандидатскую диссертацию.

Вторым мужем Зинаиды Васильевны был Андрей Владимирович Филиппов – главный прокурор Москвы и Московской области. В 1933 г. родилась дочь Ксения.

В августе 1937 г. З.В. Ершова возвратилась из Парижа в Москву и ее настигает страшный удар. Арестован Филиппов (расстрелян в августе 1938 г.). Поскольку брак З.В. Ершовой и А.В. Филиппова был гражданский, Зинаиду Васильевну миновала судьба многих жен репрессированных.



Зинаида Васильевна с дочерью Ксеньей. 1936 г.



Париж, май 1937 г.

Как похожи личные судьбы Кюри и Ершовой: у обеих молодых женщин трагически погибают мужья. Только у Марии Кюри случайно – под копытами лошади, у Зинаиды Ершовой злонамеренно – «под копытами» советской репрессивной системы.

После приезда из Парижа возобновляются встречи Зинаиды Васильевны с В.Г. Хлопиным. В составе комиссии Академии наук и Наркомцвета они направляются в Среднюю Азию на Табошарский уран-радиевый рудник для обследования состояния разработок и определения возможности организации добычи первичных руд. Комиссия пришла к выводу о необходимости глубинных разведок руд Табошарского месторождения и усиления работ геологоразведочных и поисковых партий урановых руд на всей территории Советского Союза. В 1938 г. принято решение получать радий из руд Табошарского месторождения и разработать технологию выделения его в Государственном Институте редких металлов (Гиредмет). По рекомендации Хлопина З.В. Ершову назначают начальником радиевой лаборатории этого института. Виталий Григорьевич был доволен работой своей ученицы.

Работа в Гиредмете прерывается в начале войны. З.В. Ершова с семьей эвакуируется в Казахстан.

В настоящее время промышленного производства радия в нашей стране нет. Для целей радиотерапии используют источники излучения, полученные в ядерных реакторах и ускорителях.

С 1946 г. Ершова работает в новом институте НИИ-9, инициатором создания которого она являлась. Здесь она впервые встретилась с полонием. В 1946-1948 гг. в лаборатории Ершовой началась работа, поставленная по заданию И.В. Курчатова и В.Г. Хлопина, по переработке 15-и г эквивалентов радия, хранившегося в запаянных ампулах в течение 20-и лет в госфондах Министерства финансов. Полоний был необходим для создания нейтронных источников и проведения физических экспериментов.

В старых препаратах радия и радона в результате радиоактивного распада накапливается достаточное количество радиоактивного свинца (RaD), который путем β -распада превращается в полоний-210 (RaF). Эти элементы образуют на стенках ампул «активный налет», который вместе с радием растворяют. После выделения радия полоний из раствора спонтанно осаждается на серебряных пластинах, а RaD – электро-

литически на золотых электродах. В лаборатории из полученного полония изготавливали нейтронные источники, которые передавали в Институт атомной энергии.

Руководителями работ по получению полония из радия были З.В. Ершова, В.Д. Никольский и сотрудник РИАНА Д.М. Зив.

Радиевый институт к этому времени сделал много основополагающих работ по химии и электрохимии полония. Начало систематических исследований с полонием положила работа И.Е. Старика «К вопросу о коллоидных свойствах полония», выполненная в 1925-1928 гг. Д.М. Зив и А.Г. Самарцева исследовали валентные состояния и электрохимическое поведение полония в водных растворах. Позже Н.И. Ампилогова и др. изучали сорбционные, экстракционные, гидролитические свойства этого элемента.

Сотрудничество З.В. Ершовой и ее лаборатории с РИАНом по проблеме полония продолжалось в течение многих лет.

В 1948 г. лаборатория З.В. Ершовой начала работать над созданием технологии получения больших количеств полония из облученного в реакторе металлического висмута для использования в атомном оружии. Под научным руководством З.В. Ершовой и Д.М. Зива была разработана технология, получившая название «мокрой». Она заключалась в растворении облученных висмутовых блоков в азотной кислоте, спонтанном осаждении полония на медном или висмутовых порошках и последующей вакуумной возгонки металлического полония. При лаборатории создана полупромышленная установка, на которой получали полоний и делали нейтронные полоний-бериллиевые источники. В первой отечественной атомной бомбе, испытанной в августе 1949 г., использовали полоний, полученный на установке лаборатории Ершовой. Установка в ВНИИНМе работала до 1952 г. Разработанная двумя институтами технология была использована для создания в 1952 г. крупного промышленного производства полония в Арзамасе-16 (ныне город Саров).

Необходимо отметить, что «мокрая» технология получения полония – одного из наиболее токсичных радионуклидов – была достаточно опасной для работающего на заводе персонала и окружающей среды.

В начале шестидесятых годов конструкторы атомного оружия в СССР отказались от использования полония. Но возникла новая пробле-

ма использования его в малой атомной энергетике для создания изотопных источников тепла и электричества.

Для осуществления программ по созданию изотопных источников необходимы были большие количества полония и принципиально новая безопасная высокопроизводительная технология. Ученые лаборатории под руководством З.В. Ершовой и Б.В. Петрова пошли по пути создания «сухой» технологии получения полония, основанной на вакуумной дистилляции полония из расплава облученного висмута. Были созданы аппараты колонного типа, способные перерабатывать до 1 т/ч жидкого висмута с получением 1 г/ч ($5 \cdot 10^3$ кюри/ч) полония. Такая технология была внедрена в Арзамасе-16 в 1968 г. Это было большим достижением ученых ВНИИНМ и других институтов. В результате внедрения новой «сухой» технологии загрязнения помещений и оборудования полонием снизились до допустимых норм и были созданы безопасные условия труда для работающих.

В этот период в связи с необходимостью получения изотопных источников энергии начало развиваться новое для российских радиохимиков научное направление – химия твердых соединений полония. Исследования проводили во ВНИИНМ под научным руководством З.В. Ершовой ее ученики Е.С. Прокин и А.С. Абакумов с сотрудниками. Необходимо было синтезировать различные соединения полония, пригодные для длительного использования в изотопных источниках энергии, и изучить их химические, термохимические, радиационно-химические свойства. Синтез соединений проводили при взаимодействии парообразного полония с жидкими или твердыми элементами или при взаимодействии газообразных элементов с металлическим полонием. Был проведен уникальный комплекс работ по взаимодействию полония с большим количеством элементов Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Было найдено, что наилучшими свойствами обладают полонид титана и иттрия, которые и использовали в изотопных источниках энергии. Для выявления условий радиационной безопасности тепловых ампул в случае их разгерметизации проведен комплекс исследований о взаимодействии паров полония с оксидами различных металлов в среде кислорода. Синтезированы полониты различного типа. Проводили исследования по взаимодействию полония с конструкционными материалами. Полученные

в результате всех этих исследований данные существенно обогатили наши знания по химии и термохимии полония.

За цикл работ по химии полония в 1968 г. З.В. Ершовой была присуждена премия АН СССР имени В.Г. Хлопина.

Широкое использование полония в изотопной энергетике в нашей стране началось с середины шестидесятых годов XX в. В 1965 г. были изготовлены на полонии два блока «Орион» (12–17 тыс. кюри, 18 эл. Вт), которые были использованы в генераторах тока на спутниках связи «Космос-84» и «Космос-90». В 1968, 1970, 1972 гг. для реализации национальной программы запуска луноходов были выпущены три тепловых блока (23–27 тыс. кюри, 720–840 тепл.Вт), два из которых использовались для обогрева аппаратуры самоходных станций «Луноход-1» и «Луноход-2». В блоке было 7 ампул с полонидом иттрия, активность каждой составляла 5000 кюри полония. Ампулы с полонием изготавливали сотрудники лаборатории З.В. Ершовой.

В институте по инициативе З.В. Ершовой широко и торжественно отметили 75 лет со времени открытия супругами Кюри полония. Это совещание было озарено успешным запуском «Лунохода-2» в 1973 г. К юбилею был выпущен альбом и значок.



А.А. Бочвару прикрепляют значок почетного «полониста»

Мария Кюри и Виталий Хлопин были кумирами Зинаиды Васильевны, в ее кабинете висели их портреты.



З.В. Ершова открывает совещание, посвященное юбилею полония. 1974 г.



*Главные «полонисты» страны – З.В. Ершова, С.Л. Фаддеев
(Радиевый институт им. В.Г. Хлопина)*



Зал заседания, посвященного юбилею полония

Я думаю, что Мария Кюри была бы рада за судьбу открытого ею полония, который так был востребован в России.

Два элемента – радий и полоний, как показала история, попали в надежные, заботливые, умные руки Марии Кюри и Зинаиды Ершовой. Однако, испытав великую славу и большую необходимость для науки и техники в первую половину своей жизни, в настоящее время они не востребованы.

Можно ли говорить, что закончилась эра полония – элемента, который открыла великая мадам Кюри и которому посвятила много лет своей жизни Зинаида Васильевна Ершова? Нет, нельзя. Соратник З.В. Ершовой Б.В. Петров теоретически рассмотрел уникальную возможность осуществления полетов в дальний космос с применением полония как источника самой концентрированной энергии в малой массе. Один грамм полония содержит энергию $2,45 \cdot 10^6$ кДж, что в 10^5 раз больше самого высококалорийного энергоносителя современных космических ракет.

Так что, дерзайте, молодые ученые.

Несмотря на то, что работа с полонием затруднена и опасна для здоровья человека, в течение XX-го столетия усилиями ученых разных стран, в основном Франции, Англии и России, получен огромный экспериментальный материал по ядерной физике, электрохимии, неорганиче-

ской, металлоорганической, физической химии полония. Материал по химии полония и его использованию собран и проанализирован в следующих книгах: Haissinsky M. Le Polonium. Paris, Hermann, 1937; Старик И.Е. Основы радиохимии. Л.: Наука, 1959 г.; Бэгнал К. Химия редких радиоактивных элементов. Полоний – актиний. М.: Иностр. лит, 1960; Бэгнал К. Химия селена, теллура и полония. М.: Атомиздат, 1971; Ершова З.В., Волгин А.Г. Полоний и его применение. М.: Атомиздат, 1974.; Ампилогова Н.И. Радиохимия полония. М.: Атомиздат, 1976.

Марию Кюри не избрали во французскую Академию наук, Зинаиду Ершову – в советскую Академию наук. Мы переживали за своего учителя, но прекрасно осознавали, каким выдающимся человеком и ученым она является, как много она сделала для атомной науки и промышленности.

Зинаида Васильевна так же, как и Мария Кюри, очень любила свою семью, с наслаждением занималась своим садом на даче в Снегирях под Москвой.

Мария Кюри прожила 67 лет, Зинаида Васильевна Ершова – 90 лет. Память об этих замечательных женщинах, посвятивших свои жизни изучению радиоактивных элементов, должна жить вечно.

Эпилог

В середине пятидесятих годов автор увлекся новой наукой – радиационной химией. При проведении исследований в качестве источника излучения использовали полоний. Зинаида Васильевна поощряла развитие работ по радиационной химии и после защиты мною в 1973 г. докторской диссертации передала свою лабораторию мне, оставив за собой руководство отделом. Радиационная химия явилась той наукой, которая на новом этапе связала нас с лабораторией Марии Кюри. Одним из основоположников радиационной химии в мире был сотрудник лаборатории Марии Кюри Моисей Гайсинский. Его родители были выходцами из России. Зинаида Васильевна, работая в парижском Институте радия в 1937 г., познакомилась с М. Гайсинским. Работы по радиационной химии в Париже в Институте Радия закончились примерно в начале шестидесятих годов, т.е. в то время, когда у нас они интенсивно начали раз-

виваться. Профессор М. Гайсинский, как оказалось, внимательно следил за нашими публикациями, посвященными влиянию альфа-излучения полония на различные химические системы, которые все больше и больше появлялись в отечественных и зарубежных журналах. Когда мы с ним встретились в 1968 г. в Москве, я была поражена тем, как хорошо он знает наши работы и как высоко их оценивает.

Профессор М. Гайсинский по скудным публикациям знал, что З.В. Ершова работает с полонием. При нашей встрече в Москве он сказал Зинаиде Васильевне и мне примерно следующее: «Подумайте только – Мария Кюри открыла полоний, Ирэн Жолио-Кюри изучала ядерно-физические свойства альфа-частиц полония, Зинаида Ершова создает технологии получения полония, Майя Владимировна изучает влияние альфа-излучения полония на химические системы. Я горжусь тем, что знаком со всеми этими женщинами, не побоявшимися работать с полонием». Это приятно было услышать от одного из соратников Марии Кюри.

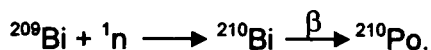
ПОЛОНИЙ ДЛЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И КОСМОСА

Ю.Г. Клабуков

Полоний – альфа-излучатель с периодом полураспада 138 дней – сыграл большую роль в становлении ядерной физики первой половины XX столетия, создании ядерного оружия и развитии изотопной энергетики.

История полония в России тесно связана с именем Зинаиды Васильевны Ершовой, которая на протяжении многих лет была во ВНИИНМ и в министерстве руководителем проблемы получения этого элемента.

Применение полония в весовых количествах было стимулировано созданием в СССР ядерного оружия. С 1949 г. до начала шестидесятых годов его использовали в нейтронных полоний-бериллиевых инициаторах ядерного взрыва. Для этой цели полоний обладает уникальными ядерно-физическими свойствами. Имея короткий период полураспада (138 дней), он создает большую удельную интенсивность альфа-излучения, а следовательно и нейтронного потока, при очень малом массовом содержании. Один грамм ^{210}Po имеет активность ≈ 4500 кюри. Полоний является чистым альфа-излучателем (на один альфа-распад приходится $1 \cdot 10^{-5}$ гамма-квантов) и при распаде превращается в нерадиоактивный свинец. Полоний получали облучением висмута в ядерных реакторах:



По поручению академика В.Г. Хлопина технологию выделения полония из облученного висмута разрабатывали в лаборатории З.В. Ершовой. Была создана так называемая «мокрая» технология – спонтанное выделение полония из водных висмутовых растворов на металлических порошках.

В 1949 г. на установке лаборатории Ершовой в НИИ-9 был наработан полоний для первой отечественной атомной бомбы.

Разработанную в лаборатории технологию использовали при создании в 1952 году промышленного производства полония в Арзамасе-16.



*Здание на территории института, в котором был получен полоний
для первой советской атомной бомбы*

«Мокрая» технология не была идеальной с точки зрения радиационной безопасности и давала много радиоактивных отходов. При отработке технологии, изготовлении полоний-бериллиевых источников сотрудники лаборатории и промышленного производства работали в экстремальных условиях. В последующие годы производство совершенствовалось, в частности, был построен Большой петлевой аппарат (БПА), существенно увеличивший производительность и безопасность работ.

В начале шестидесятых годов XX в. конструкторы ядерного оружия в СССР отказались от применения полония. Но возникла новая проблема использования его в малой атомной энергетике для создания изотопных источников тепла и электричества. Полоний является одним из самых доступных источников энергии радиоактивного распада, поскольку для его получения используют природный нерадиоактивный металл – висмут.

Для изотопных источников необходима активность в десятки тысяч кюри полония. Однако действовавшее производство в Арзамасе-16 не могло наработать в реальный срок требуемого количества, так же как и создать заранее запас полония из-за малого периода полураспада

(в сутки распадается $\sim 0,5\%$). Необходимо было разработать более производительную и безопасную технологию. Такая технология, названная «сухой», была создана под руководством З.В. Ершовой и Б.В. Петрова. Она основана на вакуумной дистилляции полония из расплава облученного висмута.

Представляется, что эта безотходная и достаточно сложная технология являлась самой изящной, самой современной среди других радиохимических технологий.

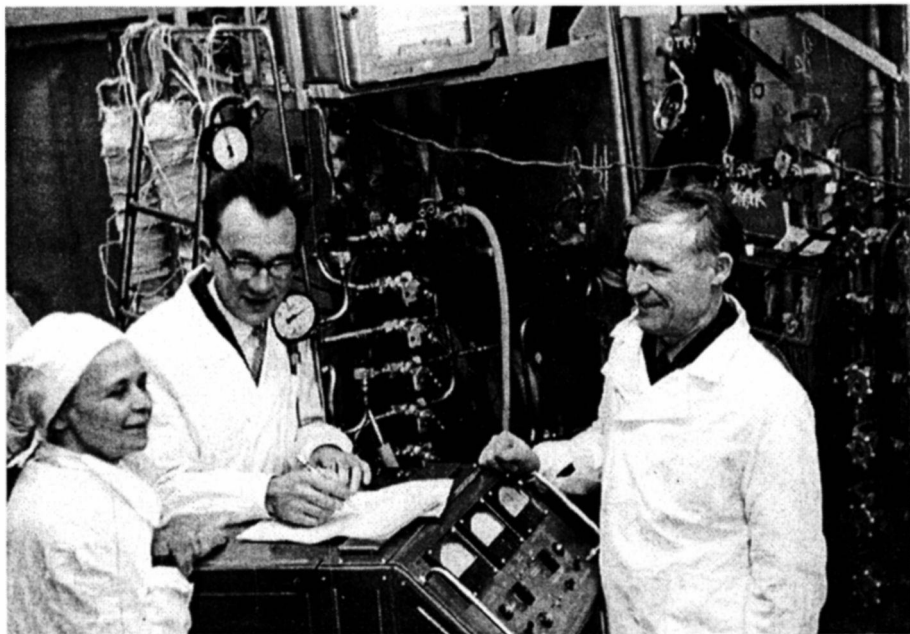
Автор принимал участие в разработке и внедрении в производство «сухой» технологии. В настоящей статье описаны некоторые вехи ее развития и любопытные подробности промышленного внедрения ее, ранее не публиковавшиеся.

Для выделения полония из висмута было спроектировано, построено и испытано несколько дистилляционных аппаратов, работавших по различным схемам: вертикально-поточная и горизонтально-поточная; испарение из большого перемешиваемого объема; однократный пропуск расплава через колонку и многократная циркуляция по замкнутому контуру. При отработке технологии в аппаратах использовали графитовые (пиролизированные) и металлические (с защитным покрытием) испарительные тарелки. Аппараты испытывали на установке лаборатории З.В. Ершовой и в цехе завода «Авангард» в Арзамасе-16. В ходе испытаний был наработан полоний для блоков «ОРИОН» (генераторы тока на спутниках связи «Космос-84» и «Космос-90»).

Очень интересной и драматичной оказалась эпопея «Лунной гонки» между СССР и США. Америка планировала посадить человека на Луну в начале 1969 г. Поэтому срок запуска советского «Лунохода» с обогревом приборного отсека полониевыми тепловыми блоками (ПТБ) был назначен на конец 1968 г. Это и предопределило выбор конструкции аппарата, сроки проектирования и строительства нового производства полония в Арзамасе-16.

Благодаря целенаправленному руководству З.В. Ершовой, ее твердому характеру, правильному выбору предприятий-соисполнителей путь от проекта до пуска был пройден за год.

Основные аппараты, по разработкам ВНИИНМ, проектировало предприятие, которое теперь называется «Красная звезда».



*З.В. Ершова, Ю.Г. Клубуков, Б.В. Петров на опытной установке
получения полония во ВНИИНМ*

Было решено использовать наиболее отработанный к этому моменту вариант вертикально-поточной тарельчатой колонки 1Д с дополнительным обогащением. Его параметры: поток загрузки по висмуту – 50 кг/ч, обогащение по полонию ≈ 20 , извлечение полония – 96%, производительность – $3 \cdot 10^4$ Ки/сут.

Технологическая схема включала: автомат расчехловки висмутовых блоков, плавильник, дозатор расплавленного висмута, аппараты первичного и конечного концентрирования полония (1Д), (2Д), датчики концентрации полония, комплекс обогрева, откачки и КИПа.

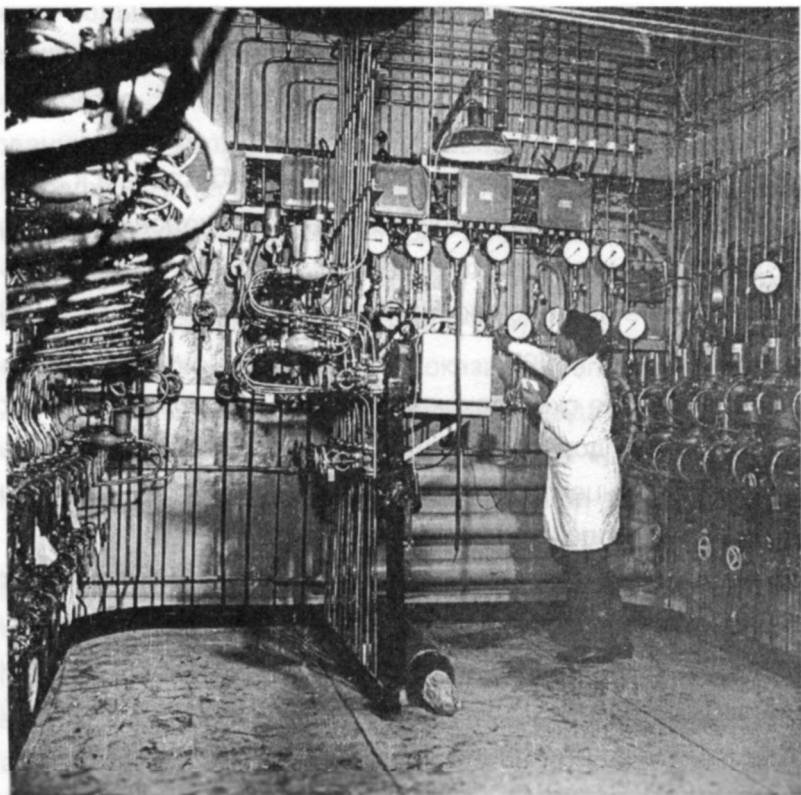
Облученные висмутовые блоки в алюминиевой оболочке проходили аппарат расчехловки и плавильник; висмут заданным потоком протекал по тарелкам колонки 1Д, отдавая полоний, и сбрасывался в сборные емкости для выдержки и возможной последующей переработки. Конденсат на участке второй дистилляции 2Д дополнительно обогащали и в узле посадки высаживали в виде полонида иттрия в капсулы ПТБ (проведенные в лаборатории З.В. Ершовой исследования показали, что полонид иттрия по сравнению с полонидами других металлов обладает наилуч-

шей термической и радиационно-химической стойкостью). Для контроля за движением полония по технологической цепочке использовали калориметрию и специально разработанные в институте нейтронные датчики, позволявшие без пробоотбора измерять концентрацию полония в потоке металла.

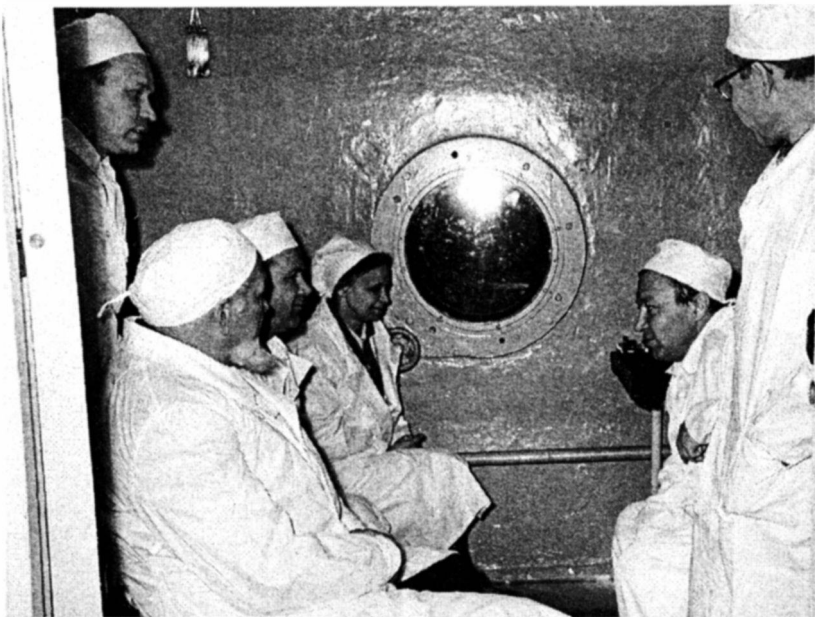
От начала до конца все операции проводили в герметичной аппаратуре замкнутой технологической цепочки с автоматизированным дистанционным управлением.

Весь контур размещен в «каньонах» с трехзональной планировкой, впервые предложенной и осуществленной З.В. Ершовой на установке получения полония в институте.

На фотографии представлен один из фрагментов установки получения полония на заводе в Арзамасе-16. По этому фрагменту можно представить масштаб всего производства.



Фрагмент установки получения полония на заводе «Авангард» в Арзамасе-16



З.В. Ершова с сотрудниками на заводе «Авангард». 1963 г.

В сентябре-октябре 1968 г. на заводе начались наладочные работы. З.В. Ершова много времени находилась вместе с нами на производстве. В пусковой период Зинаида Васильевна каждый вечер собирала у себя в коттедже бригаду ВНИИНМ. Подводили итоги прошедшего дня, в отчаянных спорах решали возникающие проблемы, намечали конкретную программу следующего дня. З.В. Ершова доверяла нам, но придирчиво контролировала наши действия.

Для того, чтобы уложиться в ограниченные временные рамки, все работы – от монтажа до пуска – вели по жесткому сетевому графику. Напряженность графика усиливала необходимость иметь резерв времени на непредвиденные ситуации, так как часть новых аппаратов вообще впервые испытывали по ходу наладки. Аппараты прямо с заводов, без испытаний, ставили в контур. Конечно, обнаруживались недоделки, конструкторские и строительные ошибки.

При первой же попытке прогрева контура оказалось, что не поступает вода в большинство точек охлаждения. Расследование показало, что коммуникации забиты песком. Строители заварили в подающую магистраль не очищенную от песка трубу. При монтаже и последовательной

проверке каждого узла все было в порядке (песок спокойно лежал на стенке широкой трубы). Когда открыли все нужные вентили сразу, песок сильной струей разнесло по всей системе. Пришлось перебирать или заменять всю арматуру водоохлаждения – порядка сотни комплектов. Недостающие комплектующие детали доставляли самолетом.

После расплавления контрольной загрузки необлученных висмут-вых блоков в плавильнике металл не пошел по тракту. Была обнаружена «пробка» на сливе из плавильника из-за конструктивного дефекта нагревателя – часть трубопровода не прогревалась. Исправить нагреватель «на ходу» было нельзя из-за соседства горячего плавильника. Охлаждение и последующий нагрев плавильника привели бы к потере времени более двух суток, а счет шел уже на часы. Тогда начальник цеха И.М. Горский привез из гаража две паяльные лампы (ночь – все службы и склады закрыты), взял с собой меня – руководителя пусковой бригады ВНИИНМа – и мы полезли под плавильник сплавлять «козла». Нельзя сказать, чтобы там было уютно: над головой пышет жаром тонна расплава, точное место «козла» не известно, а висмут при неправильном замораживании и плавлении рвет трубы (как вода в бутылке при замораживании). Поэтому понятно, какой музыкой прозвучал для нас возглас по громкоговорящей связи: «Пошел! Пошел!»

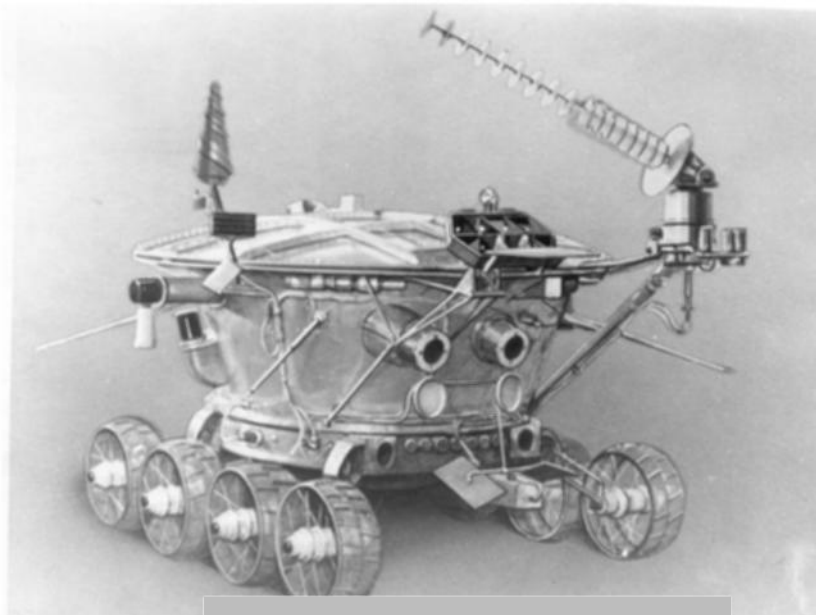
Наконец в бункер загружены облученные блоки.

В эти дни руководители по 2-3 суток не выходили из цеха, самоотверженно и азартно работал весь коллектив.

Вся цепочка сработала, как говорят «космики», штатно, и в положенный срок блок обогрева ($\sim 3 \cdot 10^4$ Ки полония) был отправлен на космодром. Однако к нашему большому огорчению ракета не попала на Луну, так как ее пришлось взорвать в начале полета.

Так мы проиграли «Лунную гонку» американцам. В июле 1969 г. на Луне оставил свои следы Н. Армстронг.

В дальнейшем по описанной схеме был получен полоний для двух луноходов (1970, 1973 гг.). Полониевые тепловые блоки (ПТБ) обеспечивали работоспособность космической станции в условиях морозной лунной ночи (-130 °С) продолжительностью 14 земных суток в течение десяти с половиной месяцев.



Луноход с тепловыми блоками на полонии, полученном по технологии лаборатории З.В. Ершовой

Полоний также нарабатывали для нейтронных источников, используемых в народном хозяйстве.

Производство полония работало безотказно, только однажды случилось крупное ЧП. Перед снаряжением «Лунохода-2» почти отработавшая ресурс дистилляционная колонна для надежности была заменена на резервную. К этому времени заводской персонал уже поверил в свои силы и начал кампанию, не дожидаясь сотрудников ВНИИНМ, раньше намеченного срока. При контрольном запуске на необлученном висмуте весь режим был в норме – температура, потоки металла, вакуум и пр. А при переходе на облученный висмут извлечения полония не было – концентрация его в загрузочной порции, отвале и конденсате была практически одинаковой. Израсходовав резерв облученного висмута, прервали процесс и по «ВЧ» вызвали представителя ВНИИНМ. На заводе при изучении контрольных лент возникали только предположения и вопросы. Наличие нормального по величине потока конденсата и отсутствие извлечения полония – не совместимы. Можно было пытаться разобрать-

ся в этом при повторных пусках, варьируя температуру испарения и поток загрузки, или пойти на замену дистилляционной колонки. Но это – облучение в реакторе новой партии висмута с отсрочкой выпуска полония на целый год.

Быстро пришли к заключению: паллиативные меры здесь не помогут, неизбежно хирургическое вмешательство.

Для начала вырезали окно в верхней части корпуса колонки и не поверили рассказу сварщика о том, что он там успел разглядеть. Оказалось, подающая расплав висмута труба не была вставлена в специальный патрубок в крышке верхней тарелки, а опускалась в пространство между краями тарелок и конденсатором (не верилось в возможность такой халтуры на уважаемом заводе-изготовителе в г. Подольске). Расплав действительно сливался прямо в отвал; частично разбрызгиваясь, создавал видимость потока конденсата.

Переварили подающую трубу, заварили окно, и все пришло в норму...

«Вырезали», «переварили» – написать и вспоминать легко, а в каких условиях это делалось!! Резать электросваркой стенку аппарата, активность в котором тысячи кюри полония?! Сварщик работает в неудобной позе, со всех сторон торчат железки, а его отделяет от ада только стекло шлема и тонкая пленка скафандра. Одно неверное движение – и жизнь зависит от размера и места разрыва скафандра. А по нервам бьет непрерывное полыхание красного фонаря, вой сирен и необходимость уложиться в несколько минут из-за высокого γ -фона.

Да, это было: люди делали свое дело не просто по приказу начальства, они понимали, что от них зависит запуск ракеты с Луноходом – результат труда многих тысяч людей. Мы еще помнили горечь от поражения в «Лунной гонке» с американцами.

В цехе получения полония также изготавливали инициаторы взрыва. Одна из конструкций выглядела так: никелевый шарик с полонием вкладывали между половинками покрытой золотом бериллиевой скорлупы. Половинки спаивали вручную в водородном боксе. При этом существовала опасность взрыва в водородной атмосфере бокса. Автор был свидетелем такого взрыва. З.В. Ершова, которая вникала во все операции, связанные с использованием полония, поручила нам разработать автомат для дистанционной пайки инициаторов. Автомат был разработан

и внедрен, он исключал присутствие человека вблизи бокса во время пайки и улучшал качество шва.

Министерство среднего машиностроения планировало расширять использование изотопных источников тепла. Поэтому мы продолжали совершенствовать технологию. Были спроектированы колонка 1Д-2К (двухконденсаторная), промежуточная колонка 1Д-МК, новый узел конечного концентрирования полония. Все аппараты были включены в единый замкнутый контур, позволявший регенерировать отвальный висмут для повторного использования. Расчеты и испытания на моделях показали, что производительность контура по загрузке возрастает более чем на порядок. За сутки можно наработать $1 \cdot 10^6$ Ки полония.

Однако по тем же причинам, по которым в свое время были закрыты проекты «Буря» и «Буран», перспективные работы по технологии получения полония были свернуты. Проекты остались на бумаге.

Кроме проблемы получения полония в лаборатории З.В. Ершовой решали и другие задачи, связанные с этим элементом. Одна из них – удаление полония, образующегося в свинцово-висмутовом теплоносителе первых атомных подводных лодок, с целью увеличения радиационной безопасности, особенно в аварийных ситуациях. З.В. Ершова предложила поставить аппарат вакуумного выделения полония в байпасе теплоносителя, чтобы поддерживать концентрацию полония в нем на минимальном уровне.

В то время в Обнинске возле Первой атомной станции в глубоком котловане были построены в натуральную величину энергетические отсеки лодки для испытаний и обучения экипажей. Мы с флотскими инженерами с трудом нашли в этих отсеках место для своего аппарата, сделали минимальные переделки на лодке. Проводили работу по созданию специального вакуумно-дистилляционного аппарата, устойчивого к морской качке. Однако, когда проект аппарата был почти готов, адмиралы передумали и отказались от очистки теплоносителя, учитывая перегруженность лодки аппаратурой, требующей места и ухода. Но кто знает, как в аварийных ситуациях сказалось это решение на здоровье подводников...

В заключение я представляю участников создания «сухой» технологии производства полония в Арзамасе-16.

Разработками основного оборудования руководили: З.В. Ершова, Б.В. Петров, И.М. Горский, Г.И. Антонов, А.Г. Волгин, В.Н. Шполянский, Л.Е. Португал, Д.Я. Ионов, В.И. Демидов.

Во время монтажа, наладки и последующей эксплуатации в тесном контакте с заводским персоналом и конструкторами работала большая бригада сотрудников ВНИИНМ. Были образованы две группы технологов, группы контроля (КИП) и планирования.

На участке первой дистилляции (1Д) работали: Б.С. Аксенов, В.С. Ананичев, М.И. Бродская, Ю.Г. Клабуков, В.Д. Новиков, Б.В. Петров, В.Н. Фролов, Ф.Р. Хакматулин, В.В. Шипилов. На участке второй дистилляции (2Д) – А.С. Абакумов, И.Д. Кузнецова, В.С. Купцов, М.Л. Малышев, Л.Н. Новиков, Е.С. Прокин, Н.Ф. Резникова, А.Д. Хохлов. В группе контроля производства работали: Н.И. Драпаш, Д.И. Евграфова, А.С. Зверев, Н.Н. Попов, Л.Я. Рудая, В.М. Филин, Б.Я. Щербаков; в группе АСУ ТП – М.С. Алабян, А.М. Немировский.

Автор не называет сотрудников других институтов и предприятий, принимавших участие в получении полония.

Я впервые увидел Зинаиду Васильевну в один из дней 1953 г., когда пришел работать в институт. Она была уже дважды лауреатом Государственной премии СССР. В последующие годы, побывав на множестве предприятий и институтов Средмаша от Ленинграда до Урала, я не встретил ни одного коллектива, где бы не знали Зинаиду Васильевну. В начальственных кабинетах фамилия Ершовой была паролем, обеспечивающим благожелательное отношение к решению всех вопросов.

Для нас Зинаида Васильевна была строгим и справедливым руководителем, всегда помогавшим своим сотрудникам в нашей суматошной жизни, в личных драмах и трагедиях.

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТРИТИЯ

М.В. Владимирова

Научная жизнь Зинаиды Васильевны Ершовой в ВНИИНМ связана с двумя элементами – полонием и тритием. Был период (1950–1975 гг.), когда она в равной степени руководила созданием двух крупномасштабных технологий: получение полония из облученного висмута и трития из облученных литиевых материалов. После 1975 г. Ершова занималась главным образом тритием и в частности – проблемами тритиевого цикла термоядерных реакторов и установок.

В 1945 г. советская научно-техническая разведка «...уловила зарождение в США идеи создания термоядерного оружия...» и добыла лекцию Ферми о математическом обосновании осуществимости термоядерной реакции [1]. В это время в Советском Союзе начал реализовываться атомный проект, и только в конце 1949 г., после успешного испытания Первой атомной бомбы, руководство страны приняло решение о форсировании работ по созданию водородной бомбы.

История термоядерных исследований уходит своими корнями в 1941 год. Японский физик Хагивара в своей лекции выдвинул предположение о возможности возбуждения термоядерной реакции между ядрами водорода с помощью взрывной цепной реакции деления ядер U-235. Это предположение и легло в основу создания бомбы, в которой находились как бы две бомбы – атомная и водородная. В том же 1941 году итальянец Ферми и венгр Теллер, являющийся отцом американской водородной бомбы, пришли к мысли о возможности инициирования термоядерной реакции в среде дейтерия. В 1942 году поляк Эмиль Конопинский, работавший в США, предложил добавлять к дейтерию тритий для уменьшения температуры зажигания, поскольку было известно, что скорость реакции $D + T$ в 100 раз больше, чем скорость реакции $D + D$.

В 1952 г. было взорвано первое американское водородное устройство «Майкл», которое представляло из себя 50-тонный куб размером с двухэтажный дом. Т.е. это сооружение не было бомбой. Работы проводили в Национальной Лос-Аламосской лаборатории.

Первая советская водородная бомба была взорвана 12 августа 1953 г. на Семипалатинском полигоне.

Если при создании атомной бомбы ученые пошли по американскому пути, располагая данными об устройстве бомбы, то конструкция первой водородной («сахаровской») бомбы была оригинальной. Была использована схема, названная «слоистой», в которой слои термоядерного топлива в виде дейтерида и тритида лития чередовались со слоями урана-235.

Для создания «сахаровской» бомбы необходим был тритий в больших количествах.

Тяжелый изотоп водорода – тритий с периодом полураспада 12,4 года в природе существует в ничтожных количествах. Его можно получить в ядерном реакторе по реакции



Для проведения научно-исследовательских работ по созданию технологии выделения трития из облученного материала и получения тритийсодержащих изделий для первой бомбы тритий нарабатывали в промышленных уран-графитовых реакторах «АИ» и «АВ-3», пущенных на Комбинате-817 в декабре 1951 г. и октябре 1952 г. [2].

В конце сороковых годов перед НИИ-9 была поставлена задача разработки технологии получения трития из облученных соединений лития. В институте эта задача получила название «газовая проблема» [3]. В настоящей статье, посвященной Зинаиде Васильевне Ершовой, автор счел своим долгом отметить ее соратников, основных исполнителей «газовой проблемы», поскольку без их героического труда она не могла быть решена.

В институте был создан специальный химико-технологический отдел, научным руководителем которого стал профессор Кирилл Андреевич Большаков, а его заместителями – профессора Зинаида Васильевна Ершова и Василий Петрович Пешков. К решению «газовой проблемы» были привлечены такие известные ученые, как А.П. Виноградов, А.Н. Вольский, Г.А. Тягунов, Г.К. Боресков, И.В. Петрянов, Н.А. Бриллиантов и другие.

В это же время к решению некоторых задач получения трития был привлечен Институт физических проблем АН СССР, директором которого в то время был А.П. Александров. Руководил исследованиями чл.-кор. АН СССР А.И. Шальников. Однако, как вспоминала Зинаида Васильевна Ершова, обмена информацией между двумя институтами практически не было.

«Газовая проблема» выходила за рамки деятельности института, который в те годы в основном занимался созданием технологий выделения плутония из облученного урана и получения металлического плутония.

Для выполнения нового задания необходимо было в институте организовать научный коллектив широкого профиля, состоящий как из физиков-экспериментаторов, так и физиков-теоретиков, химиков-технологов, радиохимиков, специалистов по вакуумной технике, аналитиков общего плана, а также спектрального и масс-спектрального анализа и др. Необходимо было создать лаборатории со специальным оборудованием для работы с газообразным, радиоактивным и взрывоопасным веществом.

В кратчайшие сроки это было сделано. Уже в 1951 году тритиевый отдел имел высокий профессиональный уровень. Молодые специалисты могли работать под руководством опытных, эрудированных сотрудников.

В институте началась интенсивная работа по многим направлениям. В первую очередь необходимо было установить пригодность литиевых материалов, выпускаемых химической промышленностью СССР, для облучения в реакторе, т.е. установить, удовлетворяют ли они требованиям по ядерной чистоте, предъявляемым физиками. Аналитики НИИ-9 и Института геохимии и аналитической химии АН СССР им. В.И. Вернадского под научным руководством В.К. Маркова определили, что химические соединения лития марок «чда», «хч», выпускаемые нашей промышленностью, по своим характеристикам вполне удовлетворяют необходимым требованиям и их можно использовать для изготовления литиевых блочков.

Ниже представлена примерная программа научно-технических исследований по созданию технологии получения трития из облученных литийсодержащих материалов и указаны основные ученые и специалисты, принимавшие участие в ее реализации.

Программа включала следующие основные разделы:

1. Подбор наиболее термо- и радиационностойких соединений лития для облучения в реакторе. Б.В. Шулятиков, В.Н. Введенский, Ф.В. Раузен.

2. Разработка литиевой керамики на основе выбранного соединения лития такой пористости и механической прочности, которые обеспечили бы вывод парогазовой фазы, содержащей тритий, из облученного материала в свободный объем блока и сохранность литиевого материала перед загрузкой в реактор и после выгрузки и транспортировки блоков. П.П. Будников, П.Л. Володин.

3. Разработка конструкций блоков керамических изделий лития, надежных при реакторном облучении для заданного расчетного накопления трития. П.Л. Володин, К.О. Бибилашвили.

4. Разработка химико-аналитических, спектральных и радиометрических методов анализа трития в газообразном и жидком состоянии и физико-химического состава парогазовой фазы, образующейся в изделии во время облучения. Э.М. Центер, Е.Г. Грачева, Л.В. Липис, В.С. Зверев, Л.А. Блескина, Г.М. Дергунова, Л.Г. Шулятикова, Д.И. Евграфова, Т.И. Дмитриевская, Т.Г. Федоров, В.В. Иванова, М.В. Владимирова, И.Г. Хохлова, В.П. Басманова, Д.И. Ижилова, М.И. Брусенцова, Л.Я. Рудая, Н.И. Драпаш.

5. Изучение физико-химического состояния трития во время образования в реакторе. Н.М. Везиров, Б.В. Шулятиков, Л.Г. Шулятикова.

6. Разработка методов очистки трития от протия и химических примесей. И.Е. Нахутин, З.К. Ходулева.

7. Изучение процесса диффузии трития через конструкционные материалы при высокой температуре и разработка способов снижения выбросов его в окружающую среду. Н.К. Виноградова.

8. Создание технологии выделения трития из облученного литиевого материала. Б.В. Шулятиков, Г.А. Тягунов, Ф.В. Раузен, Н.А. Нилов, Н.Т. Крайний, Э.Г. Казаков, Н.Ф. Ларионов, Л.К. Головкин, С.Ш. Мухамет-Галеева, М.А. Белокурова, А.Д. Бычкова, В.Н. Введенский, И.Д. Кузнецова, Е.В. Балабанович.

9. Разработка полной вакуумной технологической схемы и создание в институте опытной полупромышленной установки получения трития из облученных литиевых блоков. Г.А. Тягунов, С.Ш. Ситдыков,

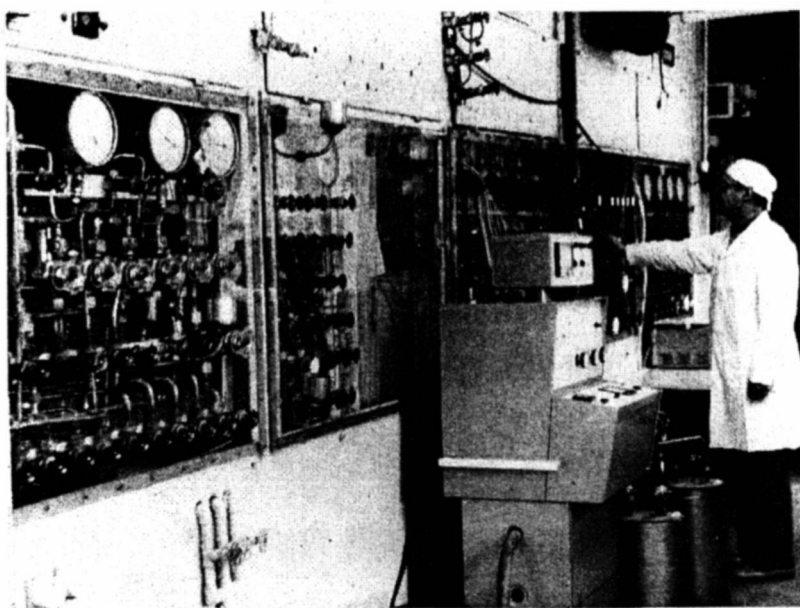
Д.И. Трофимов, Ф.В. Раузен, Н.А. Нилов, Э.Г. Казаков, С.Ш. Мухамет-Галеева, Н.Ф. Ларионов, А.Н. Ефимов.

10. Разработка теоретической модели и экспериментального метода разделения изотопов водорода с помощью противоточной масс-диффузии. Ф.Ф. Ланге, Б.В. Петров.

Отметим, что разработанный в институте метод противоточной масс-диффузии не был рекомендован специальной комиссией ко внедрению. Внедрен был метод низкотемпературной ректификации, разработанный в Институте физических проблем АН СССР, проверку которого на тройной смеси протия, дейтерия и трития проводили в НИИ-9.

Исследования показали, что наилучшими свойствами для облучения в реакторе обладают силикат и сульфат лития. Для промышленного получения трития был выбран сульфат лития [4].

Из представленной выше программы видно, какую колоссальную работу необходимо было проделать в институте. При этом следует отметить, что все исследования начинались с нуля. Каких-либо научных и технологических разработок по тритию в нашей стране не было. Тем не менее, уже в 1951 г. в институте начала действовать опытная установка (У-14) по получению газообразного трития кондиционной чистоты.



Установка-14, на которой отрабатывалась технология получения трития

Исследовательские работы, как вспоминала З.В. Ершова, проводились в напряженной обстановке, поскольку И.В. Курчатов осуществлял еженедельный контроль за полученными результатами.

На основе полученных на опытной установке данных было создано техническое задание на промышленное производство трития в нашей стране. Проектирование промышленного цеха проводили под руководством Ф.З. Ширяева и Л.Т. Житченко. Цех, который получил название «химцех», был пущен в конце 1952 г.

Технологическая схема включала следующие основные операции [3]:

- просушка аппаратуры горячим азотом;
- загрузка и нагрев облученных блоков с сульфатом лития в аппарате извлечения;
- непрерывная вакуумная откачка газовой смеси трития и гелия, выделяемой из блоков;
- удаление из водородно-гелиевой смеси примесей методом низкотемпературной адсорбции;
- разделение изотопов водорода.

Первым начальником «химцеха» был сотрудник института С.Ш. Ситдыков, затем – сотрудник комбината «Маяк» В.Т. Сомов. Заместителем начальника цеха был Александр Сергеевич Никифоров, будущий академик и директор ВНИИНМ (1984–1991 гг.). С тех пор у З.В. Ершовой и многих сотрудников ее лаборатории установились дружеские отношения с А.С. Никифоровым.

В пуске цеха и освоении промышленного оборудования и технологии принимали участие сотрудники НИИ-9, которые передавали свой опыт работникам цеха. В пусковой бригаде, возглавляемой К.А. Большаковым, З.В. Ершовой и В.П. Пешковым, очень активно и ответственно работали Г.А. Тягунов, И.Е. Нахутин, С.Ш. Ситдыков, Е.Г. Грачева, Н.А. Нилов, Д.И. Евграфова, Т.И. Дмитриевская, Ф.В. Раузен, Л.К. Головкин, Е.М. Дюжиков и др. Необходимо отметить, что в процессе освоения технологии сотрудники цеха внесли много полезных усовершенствований. Так, была ликвидирована опасная операция – вскрытие облученных блоков.



Сотрудники, принимавшие участие в создании технологии получения трития. Слева-направо: С.Ш. Ситдыков, К.А. Большаков, М.А. Белокурова, А.Д. Бычкова, Ф.В. Раузен, П.Ф. Чуканов, З.В. Ершова, Н.А. Нилов, Д.И. Трофимов. 1955 г.

Автору довелось внедрять в химцехе разработанный в институте под руководством Л.А. Блескиной гелиевый метод количественного определения трития. Я была свидетелем напряженнейшей и опасной работы пусковой бригады. Неизбежная в первое время утечка трития из технологического оборудования в атмосферу создавала опасные для здоровья людей ситуации. Я наблюдала, как блестяще, профессионально руководила работами Ершова. Ее слово было законом как для сотрудников института, так и сотрудников химцеха.

Испытанная 12 августа 1953 г. Первая советская водородная бомба содержала тритий, полученный по технологии, разработанной в НИИ-9.

С целью уменьшения потерь трития и улучшения радиационной безопасности ученые одновременно с разработкой «блочковой» технологии получения трития разрабатывали «трубный» метод, который основывался на выделении трития из облученной керамики непосредственно в реакторе при непрерывной откачке газа. Идеологами этого метода были К.А. Большаков и З.В. Ершова, основными ответственными ис-

полнителями Б.В. Шулятиков, Ф.В. Раузен, Е.П. Дергунов. В этой очень сложной работе принимали участие Н.А. Нилов, А.И. Барабанов, Э.Г. Казаков, Н.Ф. Ларионов, Н.Т. Крайний и др. «Трубный» метод получения трития, несмотря на ряд преимуществ, не был внедрен. Однако полученные экспериментальные данные, разработанные специальные методики, приемы и накопленный опыт плодотворно используют в институте при решении энергетической проблемы для термоядерного реактора типа «ТОКАМАК».



М.В. Владимирова у макета первой водородной бомбы. Саров. 2004 г.

Успех решения «газовой проблемы» в институте во многом определили ученые, которые по существу создали особый раздел науки об изотопах, новый раздел – физическая химия трития. Многие из тех, кто работал с тритием, были аспирантами З.В. Ершовой и стали кандидатами наук.

Хочу особо отметить, что тритиевый отдел ВНИИНМ, созданный в далекие годы З.В. Ершовой, – практически единственное в России научное подразделение, в котором и в настоящее время проводят много-

плановые экспериментальные работы с тритием на высоком научном и техническом уровне и в котором работают уникальные специалисты, последователи первого поколения ученых, разработавших технологию получения трития, необходимого в свое время для создания водородного оружия.

Список литературы

1. Барковский В.Б.//Сб. докл. Междунар. симпоз. «Наука и общество. История Советского Атомного проекта». М.: Издат. 1997. Т.1. С. 49-61.
2. Ядерная индустрия России. М.: Энергоатомиздат. 2000. С. 325-330.
3. Ершова З.В.//Сб. статей «ВНИИНМ – 50 лет». М.: ВНИИНМ. 1995. Т.2. С. 159-166.
4. Ткач К.Г.//Там же. С. 167-169.

З.В. ЕРШОВА И ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

В.К. Капышев

Введение

Исследования управляемого термоядерного синтеза (УТС), начатые в 50-е годы прошлого века, в настоящее время находятся на стадии экспериментальной проверки реакторных плазменных параметров и предлагаемых технических и технологических решений.

После создания и испытаний крупномасштабных термоядерных установок, основанных на принципе ТОКАМАК (СССР), JET (Объединенная Европа), TFTR (США), JT-60 (Япония), Международное сообщество разработало проект экспериментального термоядерного реактора ИТЭР и готово приступить к его строительству.

Российская Федерация является одним из учредителей этого проекта и принимает участие в его реализации.

Одна из важных задач этого проекта – эксплуатационная проверка разрабатываемых для энергетических термоядерных реакторов (ТЯР) инженерных решений и испытание технологических, в том числе и ядерных, систем. Это – тритиевые системы, обеспечивающие питание плазмы дейтерий-тритиевым топливом, наработку трития в бланкете системы, обеспечивающие их радиационную безопасность.

Инициатором и руководителем большинства этих работ в течение двадцати пяти лет была доктор технических наук, профессор Зинаида Васильевна Ершова.

В статье описаны некоторые события, связанные с началом этих работ в ФГУП ВНИИНМ, основные этапы и результаты исследований за этот период.

Начало работ по инженерным проблемам управляемого термоядерного синтеза в СССР

К началу 60-х годов XX в., когда острота разработки тритиевой технологии для промышленности немного спала, З.В. Ершова, с ее жадной

познания и создания нового в науке, обратила внимание на интенсивно разрабатываемую проблему управляемого термоядерного синтеза (УТС), для которой были необходимы разработки новой тритиевой технологии и достаточно сложные технологические системы.

Единомышленником З.В. Ершовой по этой проблеме был доктор физико-математических наук, профессор И.Н. Головин, который во время решения урановой проблемы был заместителем И.В. Курчатова по науке в ИАЭ. Позднее он – начальник отдела «ОГРА», в котором была разработана, создана и испытана самая большая в мире установка УТС.

В начале 1965 г. З.В. Ершова организовала открытый институтский семинар, на котором с докладом о состоянии работ в области УТС выступил И.Н. Головин. Из доклада было ясно, что предстоит решить достаточно сложную, крупномасштабную проблему, хотя в то время на основании имеющихся экспериментальных данных геометрические и физические параметры плазмы были не столь внушительными, как теперь.

Далее, в лаборатории №11 З.В. Ершова провела серию совещаний о перспективах участия ученых ВНИИНМ в решении инженерных проблем УТС. Это были непростые обсуждения, так как все понимали, как сложны проблемы и с лаборатории не снимут стоящие задачи по промышленному получению трития. Человеческие ресурсы в то время были весьма ограничены.

Настойчивость, последовательность и твердость З.В. Ершовой в достижении поставленной цели, известные по предыдущим работам, были проявлены и здесь.

Во второй половине 1965 г. З.В. Ершова предложила автору заняться решением этих проблем, а в 1967 г. предложила поступить к ней в аспирантуру, взяв в качестве диссертационной темы проблему разработки систем тритиевого цикла для ТЯР.

В конце 60-х годов в лаборатории по этому направлению работало уже несколько сотрудников. Поэтому, когда в 1968 г. впервые в СССР встал вопрос о разработке энергетического ТЯР, наша делегация, возглавляемая З.В. Ершовой, на совещании трех институтов (ИАЭ им. И.В. Курчатова, НИИЭФА им. Д.В. Ефремова и ВНИИНМ) выдвинула свои, пусть и первоначальные, но вполне обоснованные технические предложения.

В статье приведены основные результаты работ в четырех областях, выполненных в отделе, возглавляемой З.В. Ершовой.

Это – разработка проектов термоядерных реакторов; установок УТС; лабораторных технологий, стендов и установок; участие в работе конференций.

С начала 70-х годов XX в. отдел плазменных исследований ИАЭ, возглавляемый академиком Б.Б. Кадомцевым, приступил к разработке концепции термоядерной установки Т-20, на которой предполагали выполнить серию экспериментов с дейтерий-третиевой плазмой. Развитие этих работ привело к трансформации этого проекта в проект демонстрационного термоядерного реактора «Токамак» (ДТРТ).

Впервые с начала исследований УТС, отдел З.В. Ершовой выполнил полномасштабную разработку системы третиевого цикла, который вместе с разрабатываемыми инжекционными и вакуумными откачными системами НИИЭФА им. Д.В. Ефремова привел к созданию проекта вакуумно-технологического комплекса этого реактора [1].

В рамках разработки проекта демонстрационного ТРТ совместно с НИКИЭТ впервые были разработаны проекты испытательных модулей для исследований процессов, связанных с наработкой трития в литиевых материалах, под действием нейтронов, возникающих в процессе термоядерного синтеза.

Следующим этапом работ было участие в разработке гибридного термоядерного реактора «Токамак» (ГТРТ), использующего делящиеся (уран и плутоний) материалы. Однако это направление развития в УТС не получило и после чернобыльской катастрофы работы были прекращены.

Тем не менее разработки газовых систем третиевого цикла ТЯР, бланкетных систем были использованы в проекте Опытного Термоядерного Реактора (ОТР).

К этому времени автор предложил замкнутую систему третиевого цикла ТЯР [2]. Работы были начаты над этой схемой еще во время работы над диссертацией под руководством З.В. Ершовой.

В процессе работы над описанными выше проектами ТЯР З.В. Ершова постоянно обращала внимание на необходимость усиления работ в области обеспечения радиационной безопасности при работе с тритием. Речь шла не только о разработке новых и соблюдении существующих норм, но и о физико-химических исследованиях в этой области, о разработке специальных технологий и аппаратуры для ее обеспечения. Именно под влиянием этих обсуждений и был создан специальный блок радиационной безопасности (РБС) в системе тритиевого цикла.

Одновременно с работой над отечественными проектами З.В. Ершова принимала активное участие и в работах по международным проектам.

В 80-е годы XX в. это был интернациональный реактор (ИНТОР). Несмотря на трудности режимного порядка, Зинаида Васильевна всегда старалась направить сотрудников своего отдела для участия в проводимых совещаниях. Благодаря ее активности работы нашего института в этой области получили международное признание. Поэтому в середине 90-х годов, когда З.В. Ершова была на пенсии, работы отдела над проектом международного экспериментального реактора (ИТЭР), выполненные на основе исследований под ее руководством, встречали неизменный интерес [3].

Одновременно с работами над проектами коллектив, возглавляемый З.В. Ершовой, проводил достаточно сложную и ответственную работу по научному, техническому и организационному обеспечению выполняемых в то время экспериментов с дейтерий-тритиевой плазмой. Это эксперименты по μ -катализу выполнены в ОИЯИ (г. Дубна) [4, 5] и в системе «плазменный фокус» [6, 7]. Были разработаны и изготовлены системы, обеспечивающие подачу трития требуемого количества и чистоты в реакционные объемы, а затем откачку и удаление из экспериментальных установок, и все это в строгом соответствии с действующими санитарными правилами и нормами радиационной безопасности. Для выполнения этих работ коллектив термоядерщиков был усилен группой сотрудников, занимающихся исследованием гидридов и тритидов металлов.

Сложные задачи были поставлены перед отделом в конце 70-х годов, когда началась разработка установки «Токамак» сильного поля (ТСП).

В отличие от предыдущих, по-существу, разовых термоядерных импульсов на разрабатываемой установке на завершающей части программы предполагалось выполнить серию экспериментов (свыше 100 импульсов) с дейтерий-трیتیевой плазмой, имеющей реакторные значения плотности и температуры. Разработанная технология [8], основанная на разомкнутой схеме трітиевого цикла (газ, откачиваемый из разрядной камеры «Токамака», не возвращался в плазму), содержала основные компоненты ранее разработанной системы трітиевого цикла термоядерного реактора [2]. Химическая переработка трітійсодержащих газовых смесей основывалась на использовании гидридообразующих интерметаллических соединений, также разработанных в отделе.

Под научным руководством ВНИИНМ ГСПИ (г. Москва) и НИИХимМаш (г. Свердловск, ныне Екатеринбург) разработали проект системы и конструкторскую документацию на нестандартное оборудование. Системы были изготовлены на заводе «Двигатель» (г. Таллинн), установлены на комплексе ТСП (ТРИНИТИ, г. Троицк, Московская обл.) и испытаны с использованием изотопов водорода протия и дейтерия.

Работы при проектировании систем трітиевого цикла и установок ТЯР и эксперименты с дейтерий-трітиевой плазмой основывались на экспериментальных и теоретических работах, выполняемых в отделе З.В. Ершовой и при ее непосредственном участии.

Еще на начальном этапе исследований, когда по существу не только в СССР, но и в мире не было никаких разработок в области трітиевого цикла, автор под руководством З.В. Ершовой выполнил оценочные нейтронно-физические (коэффициент трітиевого воспроизводства, КТВ) и теплотехнические расчеты для бланкетов ТЯР.

С начала 70-х годов основные усилия в области бланкетной технологии в отделе были направлены на экспериментальное моделирование определения КТВ и разработку твердых литійсодержащих материалов для зон воспроизводства трітия (PDN) бланкетов [9, 10].

На начальном этапе исследований УТС для изучения физико-химических процессов, возникающих в процессе переработки трітійсодержащих газовых смесей, в основном использовали уже имеющиеся в лаборатории установки. Однако расширение масштабов исследований, возникшие дополнительные требования к технологии потребовали

создания специального стенда. Такой стенд («ГАЗ») был создан в середине 70-х годов и на нем было выполнено большинство исследований вакуумно-третиевого комплекса разрабатываемых систем третиевых циклов ТЯР и установок. Интересно отметить, что находится он в бывшем помещении институтской библиотеки (корпус А), в читальном зале, в котором проходил первый семинар по УТС в 1965 г.

Несмотря на существующую закрытость части исследований, связанных с тритием, З.В. Ершова в рамках имеющихся у нее возможностей активно пропагандировала идеи инженерных проблем УТС, привлекала молодежь других лабораторий и институтов для решения этой масштабной интересной проблемы.

Сотрудники института были постоянными участниками всех заседаний и конференций по инженерным проблемам УТС, проходящих в Ленинграде с 1974 г., активно участвовали в работе международных семинаров и конференций.

З.В. Ершова организовала и руководила Межотраслевым Семинаром по третиевой технологии для УТС, заседания которого с неизменным интересом и успехом проходили в ВНИИНМ в течение почти двух десятилетий.

В девяностые годы демократических реформ наступили тяжелые времена для науки.

Заслуги З.В. Ершовой, как впрочем и всего предвоенного и военного поколения ученых, заключаются в том, что все создаваемое ими было очень крепким. Поэтому, как только в конце 90-х годов возникла задача испытания моделей бланкетных зон для Международного проекта ИТЭР, силами трех институтов (ФГУП ВНИИНМ, ФГУП НИКИЭТ, СФ НИКИЭТ) в 1998–2002 гг. были разработаны, изготовлены и подвергнуты реакторным испытаниям два бланкетных модуля [11,12]. Были проведены различные исследования, значительные даже по меркам прошлых лет. Все это оказалось возможным благодаря тому фундаменту знаний и опыта, которые были получены в течение многих лет работы с Зинаидой Васильевной Ершовой.

Список литературы

1. Ершова З.В., Васильев В.Г., Введенский В.Н., Евграфова Д.И., Капышев В.К., Мухамет-Галеева С.Ш. Тритиевый цикл в энергетическом термоядерном реакторе. Всесоюз. совещ. по инж. пробл. управляемого термоядерного синтеза. Т. IV. С. 14-39. Ленинград, июнь 1975 г., НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, ГК АЭ СССР.
2. Kapyshev V.K., Rivkis L.A., Saksagansky G.L., Serebrennikov D.V. Vacuum-Tritium Complex of Magnetic Confinement Fusion Reactors//J. Plasma Devices Operations. 1960. Vol. 1. P. 66-67.
3. Kapyshev V.K. Tritium Radiation Safety of Fusion Installations and Reactors. International School of Plasma Physics/Tritium and Advanced Fuels in Fusion Reactors. Proc. of the Course and Workshop held at Varenna, Italy, September 6-15. 1989. P. 535-550.
4. Leger D., Dinner P., Yoshida H., Kapyshev V. et al.//ITER Fuel Cycle. ITER Documentation Series. №31. IAEA, Vienna, 1991.
5. Bystritsky V.M., Dzheleпов V.P., Ershova Z.V., Zinov V.G., Kapyshev V.K. et al. Experimental Detection and Investigation of the Muon Catalyzed (D+T) Fusion Process//Сообщ. ОИЯИ, D-1, г. Дубна, 1979.
6. Быстрицкий В.М., Джелепов В.П., Ершова З.В., Зинов В.Г., Капышев В.К., Ривкис Л.А. и др. Экспериментальное обнаружение и исследование мюонного катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития // Письма в ЖЭТФ. 1980. Т. 31. Вып. 4. С. 249-253.
7. Бондарь А.И., Выкубов В.П., Герасимов С.Н., Ершова З.В., Жогов Л.М., Ильин Ю.М., Капышев В.К. и др. Система для заполнения дейтерий-тритиевой смесью рабочей камеры устройства с плотным плазменным фокусом//Атомная энергия. 1981. Т. 51. Вып. 6. С. 374.
8. Капышев В.К., Давыдов Н.Б., Ионесян И.А. и др. Тритиевый технологический комплекс экспериментального токамака с сильным полем//Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. 2000. Вып. 1. С. 3-11.
9. Евграфов Д.И., Ершова З.В., Капышев В.К., Сахаров В.И. Экспериментальное определение коэффициента воспроизводства трития//Атомная энергия. 1980. Т. 48. Вып. 1. С. 44.
10. Ершова З.В., Васильев В.Г. Ядерно-химические процессы в литиевых материалах. Всесоюз. совещ. по инж. пробл. управляемого термоядерного синтеза. 1975. Т.4. С. 3. Ленинград, НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, ГК АЭ СССР.
11. Kapyshev V., Gorokhov V., Davydov D. et al. Materials and Fabrications Technology of Modules Intended for Irradiation Tests of Blanket Tritium-breeding Zones in Russian Fusion Reactor Projects//J. of Nucl. Mater. 2000. 283-287. P. 1429.
12. Kapyshev V., Gorokhov V., Davydov D. et al. Model and Mock-up of DEMO Ceramic Breeding Zone for Testing in the IVV-2M Reactor//Fusion Technology. 2001. Vol. 39. P. 45.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВО ВНИИНМ

Ф.П. Теплов

Начало созданию радионуклидных источников и их применению было положено в институте в пятидесятых годах, когда под руководством З.В. Ершовой были разработаны и изготовлены для практического использования градуировочные и образцовые источники альфа- и бета-излучения для радиоизотопных приборов. Изготавливали также нейтронные источники на основе полония-210, производство и применение которых находились в центре интересов З.В. Ершовой на протяжении всей ее творческой деятельности. Полоний-210 использовали впоследствии при изготовлении опытных источников альфа-излучения стержневого типа для снятия зарядов статического электричества.

Диапазон областей применения радионуклидных источников стал быстро расширяться. Их успешно начали использовать в научных исследованиях, различных отраслях промышленности, медицине. В конце 50-х годов в институте была создана лаборатория, занимающаяся исключительно разработкой радионуклидных источников ионизирующих излучений (начальник лаборатории К.Г. Швებельблит, позже В.С. Колтунов). Вскоре эта лаборатория вошла в состав отдела, возглавляемого З.В. Ершовой, которая очень внимательно относилась к развитию этого направления.

Проводились работы по созданию источников альфа-, бета-излучения и источников рентгеновского излучения, возбуждаемого бета-частицами.

Высокоинтенсивные источники альфа-излучения использовали в космических аппаратах при исследованиях планеты Венера, а также при испытаниях новой техники в различных отраслях промышленности. Источники бета-излучения – в офтальмологических аппликаторах для лечения онкологических заболеваний глаза. Были и другие сферы применения источников.



Начальник отдела З.В. Ершова с сотрудниками лаборатории радионуклидных источников. Слева-направо: 1-й ряд – Е.Д. Борисов, В.С. Колтунов, М.М. Казакова; 2-й ряд – В.Н. Чесалин, И.И. Балаклеец, Ф.П. Теплов

Работа лаборатории была ориентирована на внедрение результатов исследований на заводе-изготовителе ПО «Маяк». Источники альфа- и бета-излучения многих типов изготавливали также в самом институте и направляли в различные организации для их применения.

Наиболее значимые исследования по разработке конструкций и технологии изготовления радионуклидных источников, результаты которых нашли широкое применение и имели важный научно-технический или социальный эффект, следующие:

- разработка метода электрофореза для осаждения нуклидов на поверхность при изготовлении источников альфа-излучения;
- разработка метода спека при изготовлении источников бета-излучения;

– разработка способа гранулирования стекол, содержащих радионуклиды, для изготовления источников бета-излучения.

Для прочной фиксации радионуклидов при изготовлении источников как альфа-, так и бета-излучения нашли применение стеклообразные и эмалевые композиции. Методом электрофореза на предварительно покрытую слоем серебра эмалевую поверхность осаждают тонкий равномерный слой, содержащий Pu-238 или Pu-239. После обжига радионуклид прочно фиксируют в эмалевом слое, после чего на этот слой наносят тонкое герметизирующее покрытие из оксида титана. Метод электрофореза многие годы успешно использовали при изготовлении источников, серийно выпускаемых на заводе-изготовителе, и опытных источников альфа-излучения, изготавливаемых в институте.

При разработке источников альфа-излучения с высокой поверхностной активностью Pu-238 главная трудность заключается в обеспечении предъявляемых к источникам санитарно-технических требований, определяющих безопасность практического применения источников. Герметизирующий слой вследствие малого пробега альфа-частиц в веществе должен быть очень тонким. Толщина пленки из оксида титана, наносимой в качестве герметизирующего слоя на поверхность эмалевых источников, должна составлять не более нескольких микрометров. Поэтому разработка высокоинтенсивных альфа-источников, удовлетворяющих требованиям поверхностного загрязнения, вызвала необходимость проведения специальных исследований, направленных на поиск необходимых составов эмалей, способа нанесения радионуклида на эмалевую поверхность, условий фиксации радионуклида в эмалевом слое. Во ВНИИНМ были разработаны и на заводе изготовлены с использованием метода электрофореза опытные источники с поверхностной активностью Pu-238 до 740 МБк/см^2 в отличие от максимальной поверхностной активности 10 МБк/см^2 у серийно изготавливаемых источников альфа-излучения.

Перед разработчиками источников встают иногда совершенно противоположные задачи. Так, необходимо было разработать и изготовить источники не с максимально возможной активностью радионуклидов, а, напротив, с очень низкой активностью для их применения в качестве образцов загрязнения радионуклидами поверхности различных изделий,

в частности твэлов. Разработанные образцы загрязнения представляли собой источники с ураном, изготовленные путем нанесения радионуклида на алюминиевую фольгу, которую затем размещали на наружной поверхности макетов твэлов. Радионуклид прочно фиксировали на фольге в результате термической обработки образцов при температуре 500–550 °С.

Для калибровки и поверки аппаратуры, предназначенной для определения поверхностной загрязненности твэлов, изготавливали нескольких типов образцов, имеющих различную активность.

Фиксацию радионуклидов в эмали применяли при изготовлении источников с Pu-238 для космических станций «Венера-13», «Венера-14» (1983 г.) и «Вега-2» (1985 г.). При исследованиях планеты Венеры грунт после бурения автоматически перемещался внутрь спускаемых модулей, где с помощью изотопного источника проводили его рентгенофлуоресцентный анализ.

Кроме источников из плутония-238, использовали также источники из железа-55. Полученные при анализе спектры передавали на Землю. Породы Венеры, содержащие оксиды магния, алюминия, кремния, железа, калия, кальция, титана, магния, оказались похожими по элементному составу на базальты, встречающиеся в глубоководных впадинах земных океанов.

При изготовлении эмалевых источников применяли также метод спека, который дает возможность прочно фиксировать в тонком эмалевом поверхностном слое бета-излучающие нуклиды с низкой энергией бета-частиц при сохранении высокого выхода бета-частиц из источника. С помощью метода спека выпускали плоские эмалевые источники бета-излучения с Pm-147 различных размеров и форм, причем источники имели активную часть в виде круга, дуги, прямоугольника с различным соотношением сторон. Источники отличались равномерным распределением радионуклида по поверхности активной части. Поверхностная активность Pm-147 находилась, как правило, в диапазоне от 2,0 до 1,4 МБк/см², а активность во всем источнике в диапазоне от 50 МБк до 50 ГБк.

С внедрением на заводе-изготовителе метода грануляции стекол, содержащих радионуклиды, был существенно расширен ассортимент серийно выпускаемых источников бета-излучения с радионуклидами

Sr-90 + Y-90, в которых активная часть герметизирована в ампулах из нержавеющей стали. Получение гранул из высокоактивного стекла дало возможность производства малогабаритных источников с диаметром активной части 1,5 мм и активностью Sr-90 в источнике от 200 МБк до 10 ГБк. Диаметр источников составлял всего 6 мм, высота 7,5 мм. Еще меньшими габаритами обладали опытные источники, изготавливавшиеся во ВНИИНМ. Их диаметр составлял от 0,7 до 2 мм, высота от 2,5 до 10 мм. В качестве активной части источников с радионуклидами Sr-90 + Y-90 использовали гранулы радиоактивного стекла.

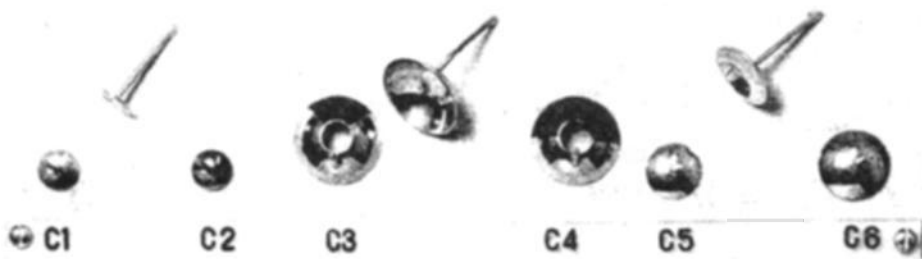
Активную часть источников с Tl-204 и Pm-147 изготавливали из фольги, содержащей соответствующий радионуклид. Выходное окно рабочей поверхности источников с радионуклидами Sr-90 + Y-90 и Tl-204 приваривали к корпусу источников термодиффузионной сваркой. Источники использовали при разработке радиоизотопных толщиномеров различных видов покрытий.

Для изготовления источников рентгеновского излучения, возбуждаемого бета-частицами в стеклообразном материале, содержащем оксиды стронция, висмута, кремния, бора, фиксировали радионуклиды Sr-90 + Y-90. Спектр генерируемого рентгеновского излучения имел максимум поглощения в области характеристического K-излучения тяжелых элементов, например висмута, причем состав композиции подбирали таким, чтобы генерируемое излучение имело максимум в этой области излучения. Доля фотонов с энергией в интервале 45-95 кэВ в спектре фотонного излучения достигала 20%. Проведены расчеты зависимости выхода тормозного и характеристического K-излучения элемента-мишени от состава композиции и вида элемента-мишени. Расчеты, в частности, показали, что у выпускаемых заводом-изготовителем источников рентгеновского излучения с радионуклидами Sr-90 + Y-90 основной вклад в максимум поглощения, соответствующий характеристическому K-излучению элемента-мишени, вносят не фотоны, генерируемые непосредственно бета-частицами, а фотоны, возникающие в результате фотоэлектрического поглощения тормозного излучения элементом-мишенью. Выход фотонов в угол 2π стерадиан в интервале энергий 45-95 кэВ из источников с радионуклидами Sr-90 + Y-90 составил от $9 \cdot 10^7$ до $2 \cdot 10^9$ в секунду в зависимости от типа источника и активности радионуклидов, которая находилась в интервале от 55 до 1200 ГБк.

В начале 70-х годов в ВНИИНМ совместно с Московским институтом глазных болезней имени Гельмгольца и Институтом биофизики Министерства здравоохранения начались научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию радионуклидных офтальмологических аппликаторов для лечения опухолей глаза. Координацию работ, их планирование, контроль за выполнением осуществляла З.В. Ершова. Были разработаны комплекты из 16 типов офтальмоаппликаторов с радионуклидами Sr-90 + Y-90 и из 6 типов с радионуклидами Ru-106 + Rh-106 для лечения опухолей, в том числе и злокачественных, как переднего, так и заднего отдела глаза, а также опухолей века. Аппликаторы большинства типов имели форму шаровой чаши с радиусом кривизны, соответствующим размерам глазного яблока. Толщина корпуса аппликаторов, как правило, составляет 1 мм, толщина герметизирующей крышки – 0,15 мм. Корпус аппликаторов изготавливают из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Внутри корпуса между герметизирующей крышкой и основанием корпуса расположена активная часть, содержащая радионуклиды. Герметизацию аппликаторов осуществляют аргонодуговой сваркой. Аппликаторы имеют форму круга, треугольника или дуги, причем активная часть аппликаторов круглой формы выполнена в форме круга или полукруга, полукольца, четверти кольца. Активность Sr-90 составляет от 45 до 660 МБк в зависимости от типа аппликатора, активность Ru-106 находится в интервале от 20 до 660 МБк. Мощность поглощенной дозы бета-излучения на поверхности аппликатора для переднего отдела глаза равнялась 20-33 мГр/с, для заднего отдела глаза 3,3-6,6 (стронциевые аппликаторы) и 1,5-2,9 мГр/с (рутениевые аппликаторы). Разработаны технологии изготовления корпусов аппликаторов, активной части и герметизации.

Выпуск некоторых, наиболее простых по форме аппликаторов начат во ВНИИНМ в 1973 г., в виде полного комплекта стронциевых аппликаторов – в 1984 г., рутениевых аппликаторов – в 1988 г. Приказом Министерства здравоохранения СССР в 1984 г. офтальмологические аппликаторы разрешены к выпуску и применению. На офтальмологические аппликаторы разработана нормативно-техническая документация, созданная при участии З.В. Ершовой, в том числе технические условия, зарегистрированные в Комитете стандартов Совета Министров СССР.

ОФТАЛЬМОАППЛИКАТОРЫ С РАДИОНУКЛИДАМИ $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$



ДЛЯ ТЕРАПИИ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА ГЛАЗА



ДЛЯ ТЕРАПИИ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА ГЛАЗА

Комплект офтальмологических аппликаторов

Применение радионуклидных аппликаторов основано на облучении опухоли бета-частицами при контакте аппликатора с глазным яблоком, причем важно, чтобы размеры активной части аппликатора соответ-

ствовавали размерам пораженного участка, чтобы уменьшить лучевую нагрузку на здоровые участки глаза. Основным офтальмоонкологическим центром, где применяют бета-терапию при лечении опухолей глаза и разрабатывают методики лечения, является Московский институт глазных болезней имени Гельмгольца. Кроме того, радионуклидные аппликаторы использовали в медицинских организациях Санкт-Петербурга, Красноярска, Самары, Одессы и других городов. Бета-терапия применена при лечении многих тысяч больных. Для такого сложного и опасного вида заболеваний, каким являются злокачественные опухоли глаза, результаты лечения оказались очень хорошими. Полная резорбция (исчезновение) опухоли наблюдалась в 70-73% случаев, частичная в 16-19% случаев. Причем, как правило, с сохранением остроты зрения. Отмечены другие положительные результаты лечения, в том числе сохранение зрения и жизни у детей.

В институте, кроме стронциевых и рутениевых, были разработаны и изготовлены офтальмологические аппликаторы с $Ti-204$. Был создан комплект таких аппликаторов в корпусах из нержавеющей стали и титана, причем в корпусах из титана можно осуществлять герметизацию неактивной таллиевой заготовки и облучать затем полученную сборку в нейтронном потоке ядерного реактора для получения радионуклида $Ti-204$.

Кроме перечисленных выше работ, во ВНИИНМ был проведен целый ряд других исследований, нашедших научно-техническое применение и имевших существенное значение для развития разработок по созданию и применению радионуклидных источников.

Для отоларингологии было разработано несколько типов источников с радионуклидами $Sr-90 + Y-90$. Одни источники представляли собой жесткий корпус из трубки, на одном из торцов которой размещали активную часть. Другие источники были выполнены в виде капсулы с расположенной в ней активной частью диаметром 0,9 мм и длиной 10 мм, к которой был приварен гибкий проволочный транспортер длиной 30 см. Источники направляли в медицинские организации для исследования бета-терапии при лечении различных заболеваний уха и носа.

Разработаны и изготовлены источники для измерения мощности поглощенной дозы на поверхности офтальмологических аппликаторов. Источники имели плоскую форму, их изготовляли с радионук-

лидами Sr-90 + Y-90, Ru-106 + Rh-106 и Tl-204, герметизировали с помощью аргоно-дуговой сварки. Источники аттестованы в Институте биофизики Минздрава СССР в качестве образцовых средств измерений. Их применяли во ВНИИНМ при измерении мощности поглощенной дозы, создаваемой бета-излучением на поверхности офтальмологических аппликаторов при их контакте с мягкой биологической тканью. Результаты измерений вносили в паспорта на аппликаторы, которые направляли в медицинские организации для практического применения при лечении онкологических заболеваний глаза.

Для снятия зарядов статического электричества с нитей в ткацких станках разработаны слабоактивные фольговые источники альфа-излучения. Технология изготовления источников заключалась в нанесении на алюминиевую фольгу с помощью электрофореза плутония, фиксации его в тонком эмалевом слое и герметизации с помощью алюминиевой фольги. Испытания источников, проводимые на одном из ткацких комбинатов, дали положительные результаты.

Фольговые малогабаритные опытные источники бета-излучения изготавливали с Pm -147.

Радионуклидные источники ионизирующих излучений создавали во ВНИИНМ в тесном контакте с заводом-изготовителем источников (ПО «Маяк»), многими научно-исследовательскими организациями, занимающимися разработкой конструкций и технологий изготовления источников, разработкой сварочной аппаратуры, радиометрическими и дозиметрическими исследованиями, испытаниями источников.

С течением времени меняются направления научно-технического прогресса, общественное отношение к использованию энергии атома, экономические принципы и подходы к развитию науки и техники. Однако и сейчас создание радионуклидных источников новых типов, а также применение ранее созданных, особенно источников для медицины, является актуальной и очень важной проблемой. В развитых странах использование радионуклидных источников приносит колоссальные прибыли.

Большой вклад в становление малой изотопной энергетики в нашей стране внесла Зинаида Васильевна Ершова. К сожалению, в настоящее время в институте не проводятся работы по созданию новых радионуклидных источников.

БОРЬБА ЗА СПАСЕНИЕ ТОРИЕВОГО ЦИКЛА

Б.Я. Щербаков

Считаю необходимым вспомнить сравнительно небольшой по времени, но очень важный период научной деятельности Зинаиды Васильевны Ершовой с 1954 по 1957 годы, связанный с разработкой ториевого цикла. Этот период ее деятельности не любили вспоминать ни сама Зинаида Васильевна, ни ее сотрудники, поскольку результат исследований в этот период времени носил отрицательный характер – обесценил большую работу по созданию технологических процессов ториевого цикла. Однако эти исследования оказали огромное влияние на дальнейшее развитие всего ядерного проекта, поскольку заставили отказаться, к сожалению, от одного из трех возможных направлений ядерной энергетики.

В то время в качестве ядерного топлива и ядерных зарядов, кроме Pu-239 и U-235, предполагали использовать U-233, образующийся из Th-232 при облучении в реакторе. В настоящее время, после 50-летнего полузабвения, вновь возрождается интерес к ториевому циклу. Мне приходилось писать об этом периоде по случаю 50-летия нашего института [1, 2], но в этих статьях не была подчеркнута ведущая роль Зинаиды Васильевны в борьбе за спасение ториевого цикла.

В 1954 году я был рекомендован моим научным руководителем профессором МГУ Н.А. Бриллиантовым З.В. Ершовой специально для проведения срочной работы. Необходимо было рассчитать активность продуктов деления в облученном нейтронами тории-232 для широких диапазонов времени облучения, потока нейтронов и продолжительности выдержки после облучения (в течение предыдущих двух лет расчеты не получались). Срочность расчетов была обусловлена тем, что уже настало время извлекать уран-233 из облученного тория-232. Без расчетных данных технологам пришлось бы работать вслепую в условиях высокой радиоактивности. Трудность расчетов заключалась не только в отсутствии в то время компьютеров, но и в том, что в громоздких расчетных формулах в знаменателях были разности близких по величине констант, отличающихся иногда в восьмом и даже девятом разряде. Для расчетов в мое распоряжение была предоставлена

старая трофейная электромеханическая счетная машинка, достоинством которой была как раз возможность работать с девятизначными числами. Для стимула меня зачислили в заочную аспирантуру. Я смело принялся за расчеты и к удивлению Зинаиды Васильевны уже через несколько месяцев завершил их, и приступил к обработке результатов. Но однажды пришла очень взволнованная Зинаида Васильевна и дала новое задание – срочно наладить измерения альфа-спектров урана. Оказалось, что в первых партиях извлеченного из облученного тория урана на производстве обнаружили довольно быстро нарастающее по интенсивности жесткое гамма-излучение. Сразу появилось подозрение на несовершенство технологии извлечения урана из тория, в разработке которой участвовала лаборатория З.В. Ершовой. Это бросало тень на научную репутацию Зинаиды Васильевны и авторитет нашего института. Зинаида Васильевна была уверена в высоком качестве технологии и решила во что бы то ни стало это доказать. Поскольку наши химики-аналитики под руководством профессора В.К. Маркова подтвердили, что в пробах нет ничего, кроме урана, то возникло подозрение, что в уране-233 содержится какой-то другой изотоп урана, случайно попавший на предприятие. У нас тогда не было ни гамма-спектрометра, с помощью которого можно было бы быстро определить источник жесткого гамма-излучения, ни тем более альфа-спектрометра. З.В. Ершова, пользующаяся большим авторитетом и связями в научных кругах, могла передать выяснение этой загадки какому-нибудь академическому институту. Но не в характере Зинаиды Васильевны было доверять кому-то судьбу своей репутации. Ее, как ученого, заинтересовала эта проблема, поскольку заказчик предъявлял очень высокие требования к чистоте урана-233. Автору пришлось срочно приступить к эксперименту с помощью имевшейся в лаборатории стандартной щелевой камеры КЩ-3, позволявшей определять энергии альфа-частиц по их пробегу в воздухе при различном его давлении. Поскольку измерения приходилось проводить с очень узким пучком альфа-частиц, то статистика была невелика. Но повторяемость ступенчатой кривой при многократных измерениях и градуировка камеры с помощью образцовых источников альфа-излучения не вызывали сомнения в наличии в спектре альфа-частиц от извлеченного из тория урана-233 большого количества посторонних альфа-частиц с энергиями в широком диапазоне. Сравнение энергий с табулированными

литературными данными о цепочках распада различных изотопов урана показало, что постороннее альфа-излучение принадлежит урану-232 и продуктам его распада (рис. 1).

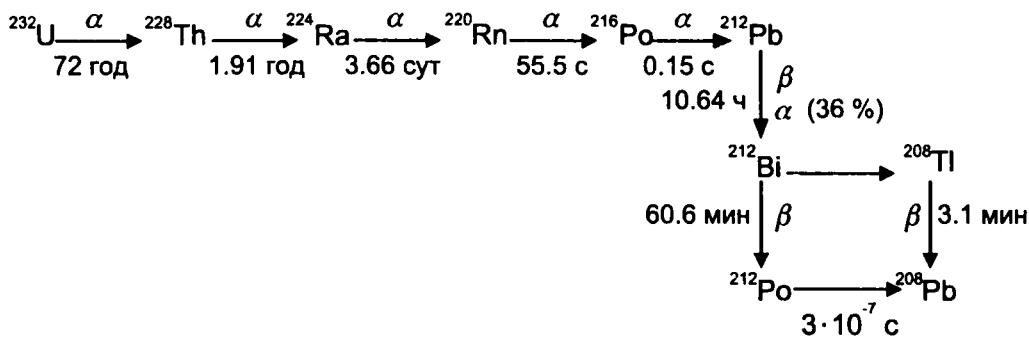


Рис. 1. Цепочка радиоактивного распада урана-232

Это вызвало шок, поскольку в атомном производстве это была первая встреча со столь экзотическим изотопом (теперь-то его, к сожалению, обнаруживают практически во всех технологиях ядерного топливного цикла [3]). Стало ясно, что уран-232 не мог быть какой-то случайной примесью. Зинаида Васильевна сразу поняла чрезвычайную важность этого открытия для судьбы ториевого цикла получения урана-233. Она назначила технический совет с приглашением авторитетного физика из академического института для обсуждения полученных результатов, а мне предложила выступить с докладом. Однако приглашенный физик, ссылаясь на недостаточную статистику, усомнился в правильности измерений и не придал значения нашим выводам о наличии в уране-233 примеси урана-232, хотя один из продуктов распада U-232, таллий-208, обладает жестким гамма-излучением с энергией 2,6 МэВ. Это излучение и могло вызвать беспокойство сотрудников производства. Зинаида Васильевна была в растерянности. Она попросила меня продолжить работу по уточнению альфа-спектров.

Следует отметить, что в лаборатории Ершовой каждый сотрудник был обязан раз в неделю знакомиться с поступившими в библиотеку новыми журналами по направлению его работы и докладывать новинки на научном семинаре. Как раз в это время в научных журналах появились первые публикации о так называемой ионизационной камере с сеткой. Оказалось, что если в обычной ионизационной камере между ее анодом

и катодом поместить электрод в виде сетки и подать на него промежуточное напряжение, то импульсы на выходе такой ионизационной камеры при измерении тонкого слоя препарата будут строго пропорциональны энергии альфа-частиц, испускаемых этим препаратом. Мне удалось быстро сконструировать такую камеру с сеткой, а по моим чертежам в механической мастерской, где работали высококвалифицированные мастера, ее изготовили. К счастью, к этому времени у нас появились промышленные анализаторы импульсов. Оснастив камеру всем необходимым (коллиматором для улучшения разрешения, механизмом смены мишеней, насосом, вакуумметром, баллоном с аргоном для газонаполнения камеры, а также самодельными предусилителем и усилителем сигналов), я приготовился к измерениям. Работа была настолько серьезной, что Зинаида Васильевна никому не доверяла и лично сама приносила на измерения мишени с нанесенными тонкими слоями извлеченного из тория урана. Эти измерения уже ни у кого не вызывали сомнения, поскольку можно было определять с высокой точностью не только энергии альфа-частиц, но и концентрацию урана-232 в уране-233 по соотношению площадей пиков от испускаемых этими изотопами альфа-частиц. Измерения со всей очевидностью показали, что в извлеченном уране-233 содержится примесь урана-232.

Однако теперь предстояло выяснить, каким образом и по каким ядерным реакциям вероятнее всего образуется уран-232. З.В. Ершова привлекла к этой работе Э.М. Центера, Н.Ф. Кашеева, И.И. Бутурлина, Б.Я. Щербакова. Внимательно изучив вероятности различных ядерных реакций, мы пришли к выводу, что уран-232 образуется из тория-232 в основном по реакции $^{232}\text{Th}(n, 2n)$. Таким образом, мы показали, что цепочка реакций при облучении тория-232 нейтронами состоит не из одной ветви, как было принято считать в литературе и как считали разработчики ториевого цикла, а из двух параллельных ветвей (рис. 2).

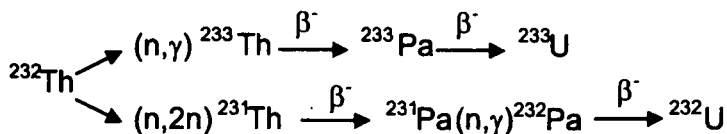


Рис. 2. Наиболее вероятные цепочки реакций образования изотопов урана при облучении тория-232 в реакторе на тепловых нейтронах

Но Зинаида Васильевна и на этом не остановилась. Поскольку заказчику требовался уран-233 высокой чистоты, она поставила задачу найти способ снижения концентрации урана-232 в уране-233. Мы обратились к справочникам и пришли к выводу, что так как уран-232 и уран-233 образуются по параллельным цепочкам из тория-232, то одним сокращением времени и режима облучения тория добиться существенного снижения концентрации урана-232 в уране-233 невозможно. Мы предложили дополнительно метод раздельного извлечения из облученного тория-232 протактиниевой и урановой фракций, чтобы из одной фракции получать более чистый уран-233. Однако этот метод оказался технически невыполнимым. И мы с сожалением вынуждены были доложить Зинаиде Васильевне, что существенного снижения концентрации урана-232 в уране-233 добиться невозможно. Это был фактически приговор ториевому циклу.

После этого в нашем институте эта тема была закрыта. Но нашелся институт, который не поверил нашему приговору и взялся решить проблему снижения концентрации урана-232 в уране-233. Однако, к сожалению, мы все-таки оказались правы, и ториевый цикл был приостановлен.

Я подробно остановился на всех перипетиях борьбы за спасение ториевого цикла, чтобы показать на этом примере широту мышления Зинаиды Васильевны и как технолога, и как ученого-физика, ее упорство в достижении поставленной цели получения достоверной информации, огромное чувство ответственности, бережное отношение не только к своей репутации, но и к научному авторитету нашего института. Ее настойчивость и уверенность в надежности своих научных разработок позволили тогда своевременно приостановить напрасную трату государственных средств на производство опасного в обращении продукта.

Список литературы

1. Щербаков Б.Я. Воспоминания старшего научного сотрудника. Сб. Страницы истории ВНИИНМ. Воспоминания сотрудников. М.: ЦНИИАтоминформ. 1994. Т. 3. С. 76-78.
2. Щербаков Б.Я. Ядерно-физические методы контроля изделий. Сб. ВНИИНМ – 50 лет. М.: ВНИИНМ. 1995. Т. 2. С. 233-234.
3. Матвеев Л.В., Центер Э.М. Уран-232 и его влияние на радиационную обстановку в ядерном топливном цикле. М.: Энергоатомиздат. 1985.

ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ И ПЕРВЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

З.В. Ершова

Атомная энергия. 1967. Т. 23. Вып. 5.

7 ноября 1967 г. исполняется 100 лет со дня рождения великого ученого, замечательной дочери польского народа Марии Склодовской-Кюри.

70 лет назад, в декабре 1897 г., Мария Кюри начала работу по поискам новых элементов, обладающих удивительным свойством самопроизвольно испускать излучение. А в 1898 г. она вместе с Пьером Кюри доложила Французской академии наук об открытии ими новых элементов – полония и радия. Так было положено начало новой области физики и химии – радиоактивности.

Историю открытия радиоактивности обычно излагают, начиная с явления, обнаруженного А. Беккерелем при изучении флюоресценции солей урана. Об этом экспериментальном факте наблюдения излучения, самопроизвольно испускаемого ураном, и последующих исследованиях, которые привели к открытию новых элементов, рассказывает Мария Кюри в биографии Пьера Кюри. Скупое и сжатое изложение фактов ярко дополняется ее дочерью Евой в биографии Марии Кюри, где Ева, используя письма Марии к друзьям и родным и ее записи в рабочих тетрадях, приводит существенные детали и освещает характер Марии Кюри. Из этого биографического очерка, а также из некоторых работ по истории развития современной физики мы узнаем человека большой воли, целеустремленности, настойчивости и прозорливости ума.

При выборе темы докторской диссертации внимание Марии Кюри привлекли последние сообщения А. Беккереля, и она решает посвятить себя исследованию этой неизведанной области: природе излучения и источнику выделяемой энергии.

«Мои опыты, – пишет Мария Кюри, – показали, что излучение соединений урана можно точно измерить в определенных условиях и что это излучение есть свойство атомов элемента урана... Тогда я за-

нялась изысканиями, не существует ли других элементов, обладающих тем же свойством, и с этой целью изучила все известные в то время элементы как в чистом виде, так и в соединениях. Я нашла, что среди этих тел только соединения тория испускают лучи, подобные лучам урана...

С этого времени представилась необходимость найти новый термин для определения нового свойства материи, проявленного элементом ураном и торием. Я предложила для этого название радиоактивность, которое сделалось общепринятым; радиоактивные элементы были названы радиоэлементами».

Изучая различные химические соединения элементов и минералы, М. Кюри установила, что радиоактивность последних гораздо сильнее, чем можно было ожидать при содержании урана и тория. Необходимо было объяснить обнаруженную аномалию. Мария Кюри пишет далее:

«Тогда я предположила, что минералы содержат в небольшом количестве вещество гораздо более радиоактивное, чем уран или торий; это вещество не могло быть ни одним из известных уже элементов, так как все они были изучены; следовательно, это должен быть новый химический элемент».

Пьер Кюри оставляет свою работу над кристаллами и присоединяется к Марии Кюри. Для исследования была выбрана смоляная урановая руда. По минералогическому, химическому анализам и по измерениям радиоактивности они ожидали найти в минерале максимум 1% нового вещества, а в результате проведенной работы обнаружили, что весовое отношение его не превышало одной миллионной доли.

Из сохранившихся записей Марии и Пьера Кюри видно, с какой напряженностью, четкостью и какими темпами они вели исследования. Первые записи, фиксирующие начало работ, помечены датой 16 декабря 1897 г., а 13 июня 1898 г. уже вписано название нового радиоактивного элемента. В своей записке Французской академии наук они сообщают: «Мы полагаем, что вещество, которое получено нами, ... содержит неизвестный металл, родственный висмуту по своим химическим свойствам. Если существование этого нового элемента удастся доказать, мы предлагаем назвать его полонием по имени родины одного из нас».

В это же время в журнале отмечается, что идет фракционирование бария и радия. 26 декабря того же года они сообщили об открытии радия:

«...ряд перечисленных нами причин позволяет сделать вывод, что новое излучающее вещество содержит новый элемент, который мы предлагаем назвать радием».

Было установлено, что основная радиоактивность оказалась сконцентрированной в двух фракциях: с висмутом и барием.

Концентраты бария – радия подвергались для обогащения дробной кристаллизации. Степень обогащения определяли по нарастанию интенсивности спектральных линий радия, по увеличению среднего атомного веса солей и по окрашиванию пламени. С повышением концентрации радия пламя окрашивалось в карминно-красный цвет.

Пьер и Мария Кюри понимали, что открытие элемента, даже его идентификация по спектральным, химическим и физическим свойствам, не были еще прямыми доказательствами существования нового элемента. Нужно было выделить элемент в чистом виде. Предстояла наиболее трудная и, как мы теперь знаем, наиболее опасная часть работы. Для получения весовых количеств радия надо было переработать много рудного сырья. Эту работу они выполняли вдвоем. Радий был получен М. Кюри в чистом виде и установлен его атомный вес. Ею же совместно с А. Дебьерном был получен металлический радий.

Методы исследования, примененные Марией Кюри для изучения новых элементов, стали классическими. Они используются для технологических процессов переработки урановых руд при извлечении радия и при выделении новых радиоактивных элементов. Мария Кюри создала основы радиохимии, которая сформировалась как метод исследования химических реакций радиоактивных элементов в сочетании с определением их радиоактивности.

За открытие новых радиоактивных элементов полония и радия Мария и Пьер Кюри были удостоены в 1903 г. Нобелевской премии. В 1911 г. за исследования химии радия М. Кюри была повторно награждена премией Нобеля. Мария Кюри была первой женщиной, удостоенной Нобелевской премии, и единственной из ученых, награжденной дважды.

Присуждение Нобелевской премии указывало на большое значение этих работ в науке и открывало перспективы дальнейших исследований. Открытие супругами Кюри двух новых радиоактивных элементов не было завершением их научного труда. Они провели многочисленные исследования, в результате которых были открыты новые свойства элементов.

К числу таких работ относится открытие индуцированной радиоактивности, которое привело в дальнейшем к открытию радиоактивных эманаций. Обнаружено окрашивающее и химическое действия излучения, чем было положено начало еще одной области науки – химии ионизирующих излучений.

Открытия радиоактивных элементов следовали одно за другим: Дебьерн и Ф. Гизель независимо друг от друга открыли актиний, Б. Болтвуд – ионий, О. Ган и Л. Мейтнер – протактиний, О. Ган – мезоторий и радиоторий, Э. Резерфорд и Ф. Содди – торий X. Всего было открыто около пятидесяти радиоактивных элементов и изотопов.

Открытие целой плеяды элементов: уран X_1 (У. Крукс), уран X_2 (К. Фаянс), уран Y (Г.Н. Антонов), уран Z (Ган) – вместе с исследованиями эманаций и продуктов их распадов способствовали установлению правила сдвига масс и обнаруживанию изотопии.

Крукс при исследовании урана X, затем Резерфорд и Содди при изучении тория X установили, что распад вещества происходит по закону, по которому активность вещества уменьшается наполовину за период времени, характерный для каждого элемента, а активность вещества, из которого эти элементы были выделены, возрастает с той же скоростью. Резерфорд и Содди сформулировали теорию радиоактивных превращений, которая в менее точной форме была высказана М. Кюри в 1900 г. Согласно теории радиоактивных превращений, превращение атомов одного вида в атомы другого можно представить в виде цепочки взаимосвязанных элементов. Теория этого процесса была описана А. Эйнштейном, а статистический характер радиоактивного распада был установлен Э. Швейдлером в 1905 г.

Так были установлены генетическая связь радиоактивных элементов и существование трех радиоактивных семейств природных элементов, состав которых в дальнейшем уточнялся и пополнялся. Позднее при изучении распада синтезированных элементов был установлен ряд нептуния.

Сразу же после открытия Беккерелем урановых лучей Резерфорд занялся их изучением.

Резерфорд установил, что излучение урана состоит из двух компонентов, один из которых обладает меньшей проникающей способностью (α -лучи), а другой – большей (β -лучи). Виллард и Беккерель обнаружили третий компонент излучения, наиболее проникающий (γ -излучение).

При исследовании прохождения излучения через твердое вещество и отклонения его в магнитном и электрических полях была найдена величина отношения заряда к массе e/m (где m – масса атома водорода) и было показано, что α -лучи являются частицами, несущими положительный заряд. Предположение Резерфорда и Содди о том, что α -частицы являются дважды ионизированными атомами гелия, подтверждается многими точными экспериментами по прямому анализу образовавшегося гелия и счету частиц, выделяемых 1 г радия.

Изучение продуктов радиоактивного распада, отличающихся по химическим свойствам от вещества, из которого они образовались, появление новых радиоактивных элементов, имеющих те же химические свойства, что и уже известные (например, ThВ и AcВ неотделимы от Li), побудили многих ученых заняться исследованием взаимосвязи элементов. Содди приходит к выводу, что существуют элементы с различным атомным весом, но почти точно совпадающие по химическим свойствам.

Это первое высказывание о понятии изотопии позволило Нильсу Бору предположить, что все изотопы одного и того же элемента обладают одним и тем же атомным номером, т. е. заряд их ядер одинаков. Нильс Бор делает вывод, что при радиоактивном распаде происходит смещение радиоактивных элементов в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Окончательно закон радиоактивного смещения был сформулирован Содди и Фаянсом.

Резерфорд в одной из своих ранних работ отмечал: «...идея неизменности атомов был нанесен сильный удар, когда в 1902 г. было обнаружено, что атомы двух хорошо известных элементов урана и тория претерпевают подлинный процесс спонтанного превращения, хотя и идущий весьма медленным темпом». Поставленные им совместно с Марсденом опыты по рассеянию α -частиц подтвердили его мысль о существовании в атоме массивной части; Резерфорд назвал ее ядром и построил новую модель атома с ядром, расположенным в центре системы, вокруг которого вращаются по орбитам легкие электроны.

Таким образом, обнаружение радиоактивного распада атомов привело к изменению понятия о неделимости атома и открытию атомного ядра.

Науке посчастливилось, что первые открытые радиоактивные элементы оказались α -излучателями. Они не только низвергли старые

понятия об атоме, но оказались источниками, несущими большое количество энергии. При изучении явления рассеяния α -частиц на металлических пластинах в различной среде был открыт протон (длиннопробежные частицы), а при бомбардировке азота осуществлена первая реакция синтеза – образование изотопа кислорода.

При бомбардировке α -частицами легких элементов (бериллия, бора, лития) дочерью М. Кюри – Ирен и Фредериком Жолио были обнаружены новая частица (открытие нейтрона) и явление искусственной радиоактивности.

Результатом тридцатилетнего кропотливого труда ученых явилось еще одно большое открытие – синтез новых радиоактивных элементов. Осуществилась мечта алхимиков, но методы воздействия на атомы оказались выходящими за пределы их возможностей.

Мария Кюри является не только первооткрывателем радиоактивных элементов. Она создала школу радиохимии. Радиоактивные элементы явились центром кристаллизации, к которому потянулись ученые всех стран мира. Наука о радиоактивности стерла границы между физикой и химией.

Мария Кюри является типом ученого-исследователя, которому можно подражать и у которого можно учиться. Настойчивость, тщательность постановки исследования, умение заметить основное и доискаться истины – вот главное, что характеризует ее как ученого-экспериментатора. Ирен Кюри была достойной дочерью Марии. М. Гайсинский, директор Института радия в Париже, – тоже ученик Кюри, талантливый продолжатель ее школы.

В.И. Вернадский не раз бывал в лаборатории Кюри и перенес методы исследования минералов в созданную им науку – геохимию. Способы исследования радиоактивных элементов и определения содержания гелия были положены в основу метода определения возраста пород и минералов (В.И. Вернадский, В.Г. Хлопин).

В.Г. Хлопин, создатель школы советской радиохимии, используя классические методы Кюри – Дебьерна при выделении радия из руд отечественного происхождения, развил теорию дробной кристаллизации. Эта теория получила широкую известность как закон Хлопина. В.Г. Хлопин постоянно поддерживал научную связь с Марией Кюри и вносил в свои методы исследования все новое, что узнавал из ее работ.

Есть еще одно интересное явление в радиоактивности, о котором говорят биографы, – способность притягивать к себе исследователей. Даже тот, кто случайно пришел в эту область науки, но желает познать новое, «влюбляется» в радиоактивность, его не страшит излучение, и он не расстанется с ней до конца своей жизни.

Начало нового, атомного века открыло большие технические возможности для развития радиохимии и физики ядра. Появились новые возможности синтеза элементов.

Радиохимия оказалась для новых проблем вполне подготовленной. Возникли технологические задачи – выделение из урана, облученного нейтронами, делящихся материалов. Те приемы радиохимии, которые Мария Кюри применяла для выделения первых радиоактивных элементов и в первую очередь выделения на носителях с последующим фракционированием, нашли применение при разработке технологии получения синтезированных элементов.

Еще в первых своих исследованиях Пьер и Мария Кюри установили, что при радиоактивном распаде выделяется колоссальное количество энергии: 1 г радия в равновесии с продуктами распада выделяет в час 133 кал, а период полураспада радия 1590 лет. Так сколько же энергии таит в себе атом!

Выступая в 1905 г. в Стокгольме с докладом от имени своего и жены на церемонии вручения Нобелевской премии, Пьер Кюри в заключение сказал:

«Можно себе представить и то, что в преступных руках радий способен быть очень опасным, и в связи с этим можно задать такой вопрос: является ли познание тайн природы выгодным для человечества, достаточно ли человечество созрело, чтобы извлекать из него только пользу, или же это познание принесет вред... Я лично принадлежу к числу людей, думающих подобно Нобелю, что человечество извлечет из новых открытий больше блага, чем зла».

Ученые не остановились на достигнутом. Под воздействием нейтрона была осуществлена реакция деления урана, и энергия, сосредоточенная в ядре, оказалась освобожденной. Мечта Марии и Пьера Кюри и их последователей осуществилась. Перед нашими современниками стоит задача – полностью использовать освобожденную энергию на благо человечества.

З.В. Ершова

ВНИИНМ. Страницы истории. М., 1994. Т.3. С. 5-15.

До 1943 г. (год начала работ по созданию атомной промышленности) в Советском Союзе было несколько институтов и лабораторий Академии наук СССР и Наркомцветмета, учебных институтов и государственных университетов, которые исследовали физические и химические свойства урана и радия и разрабатывали методы выделения их из урановых руд.

Количество ученых – физиков и химиков, работавших в этой области науки, – было незначительно и в основном это были энтузиасты, увлеченные новым свойством материи – радиоактивностью элементов.

Предвоенные годы были богаты научными открытиями. Открытие новых ядерных процессов: получение искусственных радиоактивных элементов, превращение химических элементов в новые элементы и изотопы в результате взаимодействия нейтронов с ядрами атомов, деление тяжелых атомов урана под воздействием нейтронов, спонтанное деление ядер, явление изометрии и ряд других свойств ядер атомов, позволявших более полно подойти к теории строения ядра, создавало творческую напряженность в научной среде, и ученые готовились к новым исследованиям и открытиям.

В 1938 г. на одном из заседаний урановой комиссии Академии наук СССР под руководством академика В.И. Вернадского, на которое я была приглашена по рекомендации академика В.Г. Хлопина, обсуждались состояние разработок урановых месторождений и необходимость создания разведанных запасов урановых руд. Как заявил академик В.И. Вернадский, в скором времени должна возникнуть проблема, для решения которой потребуется большое количество урана. На совещании присутствовали крупные ученые и среди них геолог (Д.И. Щербаков), минеролог (А.Е. Ферсман), геохимик (А.П. Виноградов), радиохимик (В.Г. Хлопин).

Совещание проходило за круглым столом, было немногочисленным, говорили мало и было принято решение о необходимости расширения поисковых партий и их финансирования. Наркомцветмет также имел свой

план расширения разведки урановых месторождений и его институты и лаборатории принимали участие в работе поисковых партий, которые работали по согласованному с Академией наук СССР плану.

В предвоенные годы в СССР существовало только одно освоенное месторождение урановых руд в Средней Азии – Табошарское с опытно-промышленной установкой по извлечению из урановых руд урана и радия, построенной по инициативе профессора И.Я. Башилова. И вот, в этот знаменательный 1943 г., кроме этого маленького производства не было ни одного другого предприятия, где шла бы переработка урановых руд. На московском заводе «Редких элементов» производство урана и радия было закрыто в 1936 г.

В 1941–1942 гг., в первые годы Великой Отечественной войны, научные институты крупных городов России эвакуировались на Восток и в Среднюю Азию. Многие ученые ушли в ополчение и на оборонительные работы или были призваны в армию.

Научные планы большинства институтов были пересмотрены и подчинены решению более важных вопросов оборонного значения. Поэтому научные проблемы, касающиеся фундаментальных исследований физики и химии, были отодвинуты на второй план. Уникальное оборудование ленинградских институтов было законсервировано и работы на них были приостановлены. Такая участь постигла ленинградский Циклотрон, в организации и пуске которого принимали активное участие академик В.Г. Хлопин и физики: И.В. Курчатов, Л.В. Мысовский, Д.Г. Алхазов, В.И. Рукавишников.

В начале 1943 г. неожиданно для многих начались правительственные вызовы специалистов нашего профиля в Москву для работы по специальности. Вызывали специалистов не только из эвакуации, но и с фронта, и из ополчения.

Теперь уже широкой общественности известно, как один из молодых физиков Ленинграда, находившийся на фронте, обратился к крупным ученым – физикам страны, в Правительство и в Государственный Комитет Обороны с призывом срочно возобновить в Советском Союзе прерванные исследования по физике деления урана и высвобождению энергии атома. Это был теперь всем известный и уважаемый академик Георгий Николаевич Флеров, ранее работавший под руководством

И.В. Курчатова и открывший в 1939 г. вместе с профессором К.А. Петржаком спонтанное деление ядер.

Эти вызовы были реакцией Правительства на обращение Г.Н. Флерова, в результате чего и было принято Правительством решение о стягивании разбросанных войной специалистов в столицу Родины, в Москву, которая была уже в безопасности. Москва встречала нас разрушенными зданиями и неотапливаемыми помещениями. Здания восстанавливались немногочисленными силами научных сотрудников, общими усилиями создавались лаборатории, в которых должны были начаться исследования.

На совещаниях по урановой проблеме присутствовали руководители Правительства и его представители: М.П. Первухин, А.В. Малышев, А.Л. Завенягин, В.Л. Банников, С.П. Егоров и крупные ученые. Среди ученых мы часто встречали П.Л. Капицу, И.В. Курчатова, В.Г. Хлопина, А.П. Виноградова, А.И. Алиханова, а также руководителей наркоматов и предприятий.

Совещания затягивались до глубокой ночи. Нам, специалистам, работавшим ранее на урано-радиевом производстве завода «Редких элементов» и в Институте редких металлов, задавали бесконечные вопросы о способах извлечения урана, о масштабности производства урана у нас в стране и за рубежом, и о многом другом. На все поставленные вопросы необходимо было давать ответы незамедлительно, уверенно, со знанием дела или срочно готовить подробный доклад. Кроме заместителя директора Гиредмета профессора Н.П. Сажина и меня (руководителя лаборатории) часто присутствовал на совещаниях В.Д. Никольский, который обладал энциклопедическими знаниями по химии и исключительной памятью и поэтому выручал нас в критические моменты.

Наши первые деловые встречи с будущим руководителем атомной промышленности и атомной энергетики состоялись в начале 1943 г., в лаборатории №2 Академии наук СССР, которая размещалась в Пыжевском переулке.

В тот далекий 1943 г. Институту редких металлов поручались, как нам вначале касалось, очень мелкие и несложные задачи. По просьбе И.В. Курчатова в институте изготавливались тонкие образцы-мишени препаратов соединений урана, нанесенных на подложки из различных

металлов, а иногда даже на бумажные фильтры с равномерно нанесенным тонким слоем вещества. Игорь Васильевич сам принимал эти мишени, относился к ним очень почтительно, тщательно обследовал поверхность через увеличительную лупу. По его заказу готовили радий-бериллиевые нейтронные источники различной интенсивности.

При посещении лаборатории №2 мы наблюдали, как Игорь Васильевич большими прыжками мчался по коридору, в руках его были облученные мишени. Он садился перед гейгеровским счетчиком и производил счет слабых импульсов на стрелочном регистрирующем счетчике, при этом иногда довольно улыбался и просил изготовить еще другие необходимые ему препараты, при этом обсуждал способ нанесения вещества, чистоту эксперимента. Из этих обсуждений становились ясными цели и задачи нашей работы. В эти годы в лаборатории №2 Академии наук проводили опыты по определению констант деления изотопов и определению сечений захвата ряда элементов, которые в то время были мало изучены: публикаций в литературе по этому вопросу было мало.

Исследования, проводимые в лаборатории И.В. Курчатова, развивались очень быстро. Нужны были препараты – мишени высокой степени чистоты. Содержание допустимых примесей выходило за пределы чувствительности существовавших в то время методов анализа. Необходимы были также препараты с обогащенным изотопным составом по урану-235 (следовательно, необходимы были методы разделения изотопов урана), препараты урана, освобожденные от дочерних элементов, продуктов природного радиоактивного превращения; нужны были препараты высокой чистоты природного тория, также освобожденные от продуктов распада. Необходимы были нейтронные источники с различным спектром нейтронов, а, следовательно, нужно было делать нейтронные источники на основе бериллия, бора, фтора и других элементов. Мы с большой ответственностью изготовляли нужные для исследований мишени и препараты.

Круг вопросов по химии урана стремительно расширялся, и через требования, которые выдвигались И.В. Курчатовым, мы понимали, в каком направлении шло развитие исследований и проблемных решений.

Количество привлеченных организаций и их специализация неуклонно расширялись. Так, к исследованиям по химии урана в 1944–1945 гг.

была привлечена кафедра химии Московского университета, руководимая академиком В.И. Спицыным. В Гиредмет часто заходил научный сотрудник кафедры рыжеволосый молодой человек – В.В.Фомин, с которым мы с того времени оказались связанными на многие годы совместной работой.

И.В. Курчатов посвящал только узкий круг исследователей в цели и задачи, которые ставились на ближайшее и будущее время, которое было уже не за горами. Из руководства Гиредмета с этими задачами были ознакомлены профессор Н.П. Сажин – заместитель директора и начальник лаборатории №1 (лаборатории урана) канд. техн. наук З.В. Ершова. Кроме лаборатории урана в Гиредмете была создана лаборатория тория, начальником которой был проф. Г.А. Меерсон.

Проблемы, которые ставил перед нами И.В. Курчатов, излагались в сжатой форме, и мы должны были понять цели, не называя вслух их своим именем. Нашего образования в то время хватало для того, чтобы понять, что в науке и технике открывается новая эра, что необходимо делать все, чтобы энергия атома была освобождена и подчинена воле человека.

Очень скоро И.В. Курчатов предложил нам изготовить для его опытов сначала несколько десятков килограммов карбида урана строго стехиометрического состава и высокой степени чистоты. Он не интересовался, как мы выполним его просьбу. Он (как было потом принято определять его поручения) «озадачивал» и уже знал, что все и всегда выполнят поручения, если они необходимы для решения общей проблемы.

Карбид урана ни в старой России, ни в СССР никогда не производили. В литературе был описан только способ Муассана, разработанный в XIX веке. Проводить систематические исследования не было времени. И мы без проведения лабораторных исследований приступили сразу к созданию укрупненной установки для получения трехокси и закись-окси урана и последующему получению из закись-окси карбида урана по методу Муассана. Ценные советы мы получали от профессоров Н.П. Сажина и Г.А. Меерсона и вот под руководством молодого специалиста металлурга Елены Каменской была сконструирована дуговая печь типа Муассана. Работая круглосуточно, мы отрабатывали технологию процесса и почти каждый день получали килограммы карбида урана высокой степени чистоты.

Разработку методов анализа и проведение самих анализов полу-продуктов и готовых соединений урана проводили в аналитической лаборатории Гиредмета под руководством проф. Ю.А. Черникова (который к этому времени был вызван из ополчения).

Профессор Н.П. Сажин и я лично отвозили десятки килограммов карбида урана и других соединений (закись-окись, двуокись урана) в лабораторию №2 или на квартиру Игоря Васильевича (которая в то время помещалась на первом этаже лаборатории, размещавшейся уже в новом здании) и из рук в руки передавали материал, не получая в обмен ни требований с разрешением «выдать», ни расписок, а только благодарные слова и новые просьбы дать еще и еще. Иногда при наших встречах присутствовал голубоглазый юноша, Володя Гончаров (теперь доктор наук), который уносил ящики с драгоценным грузом.

Обсуждение с Игорем Васильевичем дальнейших планов нашей работы проводилось под звуки рояля, на котором в это время в соседней комнате играла его супруга Марина Дмитриевна. Музыка создавала спокойную и непринужденную обстановку для разговора.

Для удовлетворения закономерно возрастающих требований к количеству соединений урана, необходимому для проведения намеченных опытов (сначала карбида урана, а потом двуокиси урана и, наконец, металлического урана), необходимо было располагать сотнями килограммов чистейшего нитрата уранила или трехокиси урана.

На небольшой опытной установке для получения урана и радия, расположенной на Табошарском руднике Наркомцветмета, собралась группа эвакуированных специалистов Гиредмета, Одесского филиала Гиредмета и завода «Редких металлов» (В.Д. Никольский, Н.П. Страхов, А.Е. Драновский, А.И. Розенблюм и др.). Это предприятие получило правительственное задание организовать работы по извлечению урана, и уже в 1944 г. в Москву начали поступать чистейшие соли урана. Наскоро восстановленное складское помещение на улице Дурова, отведенное Наркомцветметом Институту редких металлов для организации работ по «проблеме», превратилось в «муравейник». Спешили все – от лаборанта и рабочего до начальника лаборатории и дирекции института. Задание И.В. Курчатова – получить металлический уран, хотя бы в небольшом количестве, но высокой степени чистоты, не застало коллектив

Гиредмета врасплох. Сразу после получения задания, связанного с «проблемой», в лаборатории №1 (под руководством З.В. Ершовой) были начаты работы по усовершенствованию технологии извлечения урана и тория из различных урановых и ториевых руд, изучению свойств химических соединений урана, тория и методов их анализа. Поэтому Гиредмет в очень короткий срок разработал технологию получения металлического урана. В основу метода был положен способ восстановительной плавки тетрафторида урана металлическим магнием. К разработке метода получения тетрафторида урана, кроме Гиредмета, была привлечена лаборатория профессора П.В. Зимакова, а для изучения физико-химических свойств тетрафторида – лаборатория Московского университета, руководимая профессором М.М. Поповым.

Опыта получения металлического урана не было ни у кого. Эксперимент проводили сразу в укрупненном масштабе с получением килограммовых слитков. По расчету плотность урана должна была доставлять 19-20 г/см. Следовательно, килограмм металлического урана будет иметь объем всего около 50 см³.

Теоретическая оценка условий протекания реакции указывала на экзотермичность процесса, с повышением давления в системе. Для проектирования аппарата высокого давления был привлечен специализированный институт, который присвоил аппарату наименование «бомба». Первый опыт восстановительной плавки оказался неудачным. Расчет на давление был неточен, крышка с аппарата («бомбы») сорвалась и с большой силой ударила в потолок. Со всех этажей института бежали люди, в панике сообщая, что у З.В. Ершовой взорвалась «урановая бомба». Постепенно совершенствуя аппаратуру и условия проведения опытных работ в лабораториях Гиредмета, впервые в СССР мы получили черновой слиток металлического урана.

Рафинирование металла было намечено осуществить путем вакуумной переплавки в высокочастотной печи, что и было осуществлено в декабре 1944 г. В этот знаменательный момент – получение в СССР первого слитка чистого металлического урана – до глубокой ночи вместе с нами, ответственными за проведение этого эксперимента, у аппарата дежурили в холодном неотапливаемом помещении члены Правительства и руководители проблемы – М.П. Первухин, В.А. Малышев, А.П. Завенягин.

Ответственную плавку по вакуумной рафинировке чернового металла проводила инженер Елена Каменская. Металлографию первого слитка полученного металла провела молодой специалист Татьяна Меньшикова. На другой день они демонстрировали тяжелый металл с золотистым отливом в Главном управлении, а через несколько дней мне предложили сделать сообщение на заседании Совета Министров СССР.

И.В. Курчатов был удовлетворен нашей совместной работой. И он, и мы понимали, что только благодаря его настойчивости, точности в постановке задачи, постоянному его вниманию и контролю, тщательно продуманным деталям плана экспериментальных работ металлический уран в Советском Союзе был получен, и теперь уже не было сомнения, что решение проблемы в наших руках. Теперь только необходимо организовать производство получения металла в промышленных масштабах. К решению этой задачи были привлечены крупные ученые-металлурги страны.

Планы И.В. Курчатова по осуществлению цепной реакции деления подходили к завершению и становились реальностью. В декабре 1946 г. И.В. Курчатов и его помощники завершили сборку физического реактора.

Первый в СССР уран-графитовый реактор Ф-1 был пущен, и И.В. Курчатов впервые на континенте осуществил цепную реакцию деления ядер урана. Я не оговорила, когда сказала, что «Курчатов осуществил», так как все было проведено и достигнуто благодаря его усилиям, настойчивости, знаниям, ответственности и большому желанию.

Первый этап исследований закончился не только для физиков. Этот этап закончился и для нас, радиохимиков, которые выполняли как бы вспомогательные, но очень важные работы, без выполнения которых нельзя было решить и основную задачу – осуществление цепной реакции деления ядер урана.

После пуска уран-графитового реактора Ф-1 приступили к расчету, проектированию и строительству промышленных реакторов, в которых уран являлся ядерным топливом и в котором при нейтронном взаимодействии с ураном образовывался новый делящийся химический элемент – плутоной-239.

Перед радиохимиками нашей страны встали новые проблемы – проблемы переработки облученного урана и выделения из него нового

химического элемента. К чистоте этого элемента предъявлялись особые требования. Его химическая чистота определялась теперь не только отсутствием элементов, являющихся нейтронными ядрами (т.е. элементов с большим сечением захвата нейтронов), но и отсутствием продуктов деления, обладающих интенсивным гамма-излучением.

Над решением задач извлечения плутония из облученного урана, изучения химии и металлургии плутония, изучения его ядерно-физических свойств работали многие научные институты и лаборатории. Комплексное решение задачи осуществлял И.В. Курчатов – руководитель проблемы. Над этой проблемой работал также Борис Васильевич Курчатов, брат И.В. Курчатова, он помогал Игорю Васильевичу Курчатову разбираться в сложной химической проблеме переработки облученного урана.

Исследования по химии продуктов ядерных реакций начались в СССР раньше, чем была осуществлена цепная реакция деления. Задача, которая встала перед нами на втором этапе развития атомной промышленности – это в короткие сроки решить технологические вопросы, необходимые для проектирований заводов по переработке облученного уранового топлива.

Что касается химии и металлургии урана, то специалисты шли проторенными путями. С ядерно-химическим процессом образования новых элементов и технологий извлечения делящихся материалов все встретились впервые. Все очень рано осознали, что выделение плутония и получение его в виде металла – непростая задача. С делящимися элементами еще никто не работал и было необходимо осознать понятие «критической массы» и обеспечить безопасность работы.

Все мы попали в разряд первоисследователей, как в свое время Пьер и Мария Кюри, когда они выделяли гипотетический новый элемент. Работы по химии и металлургии плутония начались с имитаторов и с использования индикаторных количеств вещества. В первых порциях облученного урана количество плутония составляло миллиграммы на 1 кг.

Радиохимики до сих пор еще спорят, кто первый получил микроколичества и индикаторные количества плутония. Все наблюдения за химическими реакциями вели не путем химического анализа, а по распределению радиоактивности между продуктами химических реакций. Работая со столь малыми количествами, все боялись растерять

плутоний, «сжечь», испортить. Сначала исследования по химии плутония проводили на его близком аналоге – нептунии (короткоживущем изотопе) под руководством В.Г. Хлопина его ученики Б.А. Никитин, А.П. Ратнер, И.Е. Старик, В.И. Гребенщикова, Самарцева.

Химию плутония на индикаторных количествах и выделение его из первых порций облученного урана одновременно изучали Б.В. Курчатов и ученики В.Г. Хлопина – В.Д. Никольский и З.В. Ершова. Борис Васильевич Курчатов имел большие преимущества, так как его брат Игорь Васильевич был «держатель» первых порций облученного урана. В лаборатории И.В. Курчатова работали крупные специалисты по ядерной спектроскопии – С.А. Баранов, Л.В. Грошев, В.К. Вайтовецкий и др., а в институте «Радия» – К.А. Петржак.

В 1947 г. были выделены первые миллиграммы плутония. Я была в числе тех, кто начинал работу с делящимися веществами и новыми химическими элементами и получил первые миллиграммы плутония.

Над решением этой проблемы работали лучшие химики, физики и металловеды середины XX века.

В этот исторический период над проблемой получения плутония совместно трудились академики, профессора, инженеры различных специальностей. Период становления атомной науки и техники был периодом вовлечения специалистов, не имевших специального образования, и поэтому необходимо было всеобщее обучение основам физики атомного ядра и радиохимии. Учились все и учили друг друга.

За период 1943–1960 гг. нам пришлось многократно встречаться с И.В. Курчатовым и другими руководителями и получать от них задания. Это были задания на получение различного вида ядерного топлива – урана-235, урана-233, трития.

В процессе решения проблемы состав участников менялся, но И.В. Курчатов неизменно участвовал во всех проблемах. На совещаниях Технического Совета, руководителем которого он был, присутствовали, кроме ученых, руководители проектных институтов, предприятий, ведущие специалисты. На таких совещаниях обсуждались проблемные задачи, а также результаты исследований. В том же составе Совет выезжал на место проведения исследований, тщательно их обсуждал, контролировал условия постановки экспериментов и сроки их выполнения.

Игорь Васильевич принимал активное участие в обсуждении результатов и уточнял дальнейшие задания. Он не просто слушал, что ему докладывали, он очень быстро реагировал, требовал повторения и разъяснения; при обсуждении часто возникали все новые интересные и важные вопросы.

Умение слушать, определять важное и основное дано не всем. Оно доступно по-настоящему крупному руководителю, одаренному логическим мышлением и трезвым умом блестящего ученого, осознающего ответственность за решение поставленной задачи, обладающего глубинными знаниями и постоянно идущего вперед в изучении поставленных перед ним задач.

В 1943 г. Игорю Васильевичу Курчатову было всего 40 лет. Примерно такого возраста были все другие руководители и активные исполнители, и лишь немногим было около пятидесяти. Практически все были молоды, но никто не чувствовал или, вернее, не имел права чувствовать, что он настолько молод, что не может принять на себя ответственность за решение порученной ему задачи.

Так, несмотря на молодость И.В. Курчатова, абсолютный авторитет его был признан всеми значительно раньше, чем узнали официально, что Курчатов является научным руководителем атомной проблемы. Его научный и деловой авторитет был признан в равной степени физиками, теоретиками и экспериментаторами, радиохимиками, технологами и конструкторами и, в первую очередь, руководителями партии и правительства.

На юбилейном митинге в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова, посвященном двадцатилетию пуска первого уран-графитового реактора, который состоялся 25 декабря 1966 г., встретились соратники И.В. Курчатова, те, кто стоял у истоков решения задачи мирового значения, которая была решена в исключительно короткие сроки. Всего три года потребовалось им, чтобы создать урановую промышленность и провести сложный эксперимент – осуществить цепную реакцию деления урана.

К сожалению, на этом митинге уже не было многих руководителей. Не было среди нас и Игоря Васильевича Курчатова, не было его ясного взгляда, с которым он умел открыто радоваться успехам и оставаться спокойным, когда на пути исследователей, идущих к намеченной цели, встречались неудачи и трудности.

Институт атомной энергии награждал участников создания первого реактора почетными грамотами. Среди награжденных почетной грамотой были руководители Гиредмета академик Н.П. Сажин и профессор З.В. Ершова.

Последний раз я видела и слушала Игоря Васильевича, когда он выступал с докладом о перспективах развития атомной энергетики. Он говорил с большой убежденностью об осуществимости развернутой им программы исследований. А после его доклада демонстрировался любительский кинофильм, снятый во время посещения И.В. Курчатовым Харьковского физико-технического института. И.В. Курчатов вместе с директором института К.Д. Синельниковым осматривал строительство нового корпуса института. После своего доклада Игорь Васильевич был возбужден, но он комментировал фильм и попутно говорил о будущем института. На эпизодах, снятых непосредственно с ним, он задерживал внимание, шутил, говорил, чтобы все посмотрели, какой у них красивый научный руководитель. После просмотра фильма я получила от него еще одно задание, при этом следов шутливого настроения уже не осталось.

Таким Игорь Васильевич и остался у меня в памяти – серьезный, деловой, полный научных замыслов, но и умеющий шутливо, когда нужно было, рассеять тень, возникающую на лицах слушателей. Он был воплощением яркого, искрящегося таланта ученого и крупного руководителя проблемы.

РОЖДЕНИЕ ИНСТИТУТА

З.В. Ершова

ВНИИНМ. Страницы истории. М., 1994. Т.1. С. 5-15.

Анализ истоков образования и формирования нашего института показал, что его возникновению предшествовал целый ряд крупных научных открытий, которые привели к коренному перевороту в понятиях об устойчивости химических элементов и открыли возможность использования внутриядерной энергии.

Выступая на первом Менделеевском чтении в Москве в 1935 г., Фредерик Жолио-Кюри высказал следующую мысль: «Если ученый придет к выводу о необходимости подтверждения экспериментом высвобождения энергии атома, в котором может произойти катастрофа, то он не остановится и такой эксперимент проведет». В 50-х годах двадцатого века наступила эра использования энергии атома в мирных целях, это создание атомных электростанций и использование энергии излучения в малой энергетике: в научных, технических и медицинских целях. К использованию энергии атома шли длинным и тернистым путем.

Наш институт возник в 1945 г. До его образования многие годы шли накопление знаний, приобретение опыта работы с радиоактивными изотопами, формирование учения о свойствах излучения, о строении атома и атомного ядра. Двадцатый век был полон открытий: были открыты новые радиоэлементы и получены первые искусственные.

Развитие работ по металлургии урана началось в урановой лаборатории Гиредмета. Однако Гиредмет решал и другие, тоже важные задачи, и поэтому руководство Гиредмета в трудный восстановительный период не могло уделять урановой проблеме должного внимания. В 1944–1946 гг. в организационном плане и в финансировании работ лаборатории много сделало руководство 9-го управления НКВД.

В 1944 г. из Гиредмета на имя А.П. Завенягина за подписью начальника лаборатории №1 была направлена докладная записка о необходимости создания специализированного института. До подачи докладной записки и после я многократно обращалась к А.П. Завенягину за помощью в решении организационных вопросов. Однажды в его кабинете

я застала полковника В.Б. Шевченко, которого мне представили как будущего директора нового института.

Вскоре возглавляемая А.П. Завенягиным небольшая группа представителей 9-го управления НКВД, в состав которой входил инженер-полковник В.Б. Шевченко и начальник лаборатории №1 Гиредмета кандидат технических наук З.В. Ершова, отправилась на «Октябрьское поле» обследовать территорию недостроенного института экспериментальной медицины (ВИЭМ).

Административный корпус ВИЭМа уже был передан И.В. Курчатову для размещения в нем лаборатории №2 (лаборатории измерительных приборов). Корпус химических лабораторий ВИЭМа (ныне корпус Б) был заселен эвакуированными жителями разрушенных городов, которые обитали там в нетопленных помещениях и в антисанитарных условиях. Корпус, предназначенный для размещения подопытных животных ВИЭМа (ныне корпус А), представлял кирпичную коробку в 4 этажа, отсутствовали оконные рамы, лестничные перекрытия, крыша.

Осторожно ступая по стропилам и настилам, мы обошли все этажи корпуса. В боковых отсеках корпуса были помещения, предназначенные для обезьяньих вольеров, окна были под потолком (так они остались до сих пор). Было видно, что здание не приспособлено под тяжелое оборудование, но других свободных помещений никто не предлагал, и мы согласились принять этот подарок. Стены были, крыша будет, а все остальное будем проектировать. Отдаленность от центра Москвы (район села Всехсвятского) всех устраивала. Вокруг предполагаемой нашей территории было пусто. Здесь же было принято решение о срочном составлении технического задания на проектирование института специального назначения и был определен состав группы специалистов, которые должны наметить профиль лабораторий. За основу технического задания А.П. Завенягин предложил принять докладную записку начальника специальной лаборатории №1 Гиредмета З.В. Ершовой, адресованную на его имя, и поручить З.В. Ершовой возглавить составление этого ТЗ. Еще на территории пустыря все начали высказывать свои предложения; инженер-полковник В.Б. Шевченко, который имел опыт работы на Норильском комбинате, предложил включить в состав института проектное бюро, из которого в дальнейшем вырос проектный институт (ГСПИ-12)

во главе с директором Ф.З. Ширяевым. Он также внес предложение запроектировать при институте опытный завод для испытания на его стендах технологических процессов и назвал для этой цели завод боеприпасов №12, расположенный в районе г. Ногинска. Осуществить эту мечту не удалось, но на заводе №12 решались проблемы получения металлического урана, сначала в системе 9-го управления НКВД, а затем 1-го Главного управления.

Техническое задание на проектирование института доставляли в основном бывшие участники уран-радиевого производства, существовавшего на заводе редких элементов НКЦМ в 1930–1936 гг. Проектирующей организацией был Гипроредмет НКЦМ. ТЗ было составлено в начале 1945 г. и утверждено В.Б. Шевченко, который к этому времени был официально назначен директором. Окончательное, со всеми поправками и предложениями, ТЗ на строительство института было составлено З.В. Ершовой, В.Д. Никольским, Н.С. Повицким. Нам казалось, что его необходимо согласовать с профессором В.Г. Хлопиним, крупным специалистом по радиохимии. Неожиданно оказалось, что он недоволен масштабами нашей смелости. После длительной дискуссии он, однако, подписал ТЗ и обещал не оставлять нас без внимания. При этом он произнес фразу, характеризующую его недовольство: «Это что же Вы, сударыня, задумали создать новый институт, а Радиевый Вас уже не удовлетворяет?».

Восстановление корпусов ВИЭМа с использованием рабочей силы пленных началось раньше, чем было закончено проектирование. Нужны были лаборатории для начала исследований и получения данных, необходимых для проектирования новых предприятий Москвы и Челябинска, строительство которых также начиналось до окончания их проектирования.

В 1945 г. на выгороженной площадке, к сожалению недостаточно большой, как это выяснилось позже, было сооружено барачного типа одноэтажное здание, в котором разместилась администрация будущего института: директор В.Б. Шевченко, его секретари (А.Б. Николаева и З.Я. Массальская), отдел кадров, возглавляемый Г.Я. Трушиным, руководитель строительства Н.П. Рыбаченко, и конечно, режимная служба и военизированная охрана.

Вскоре после подписания пакта о завершении войны началась демобилизация и тех воинов, которые до войны работали на химических

предприятия или в институтах, и независимо от их профиля военкоматы направляли в наш институт, который получил открытое название «база Главгорстроя». Лаборатория №1 Гиредмета еще только готовилась к переходу в институт, но отдельные ее представители – З.В. Ершова, В.Д. Никольский, Н.С. Новицкий – обязаны были в определенные часы, по графику директора В.Б. Шевченко, являться на «базу» и отбирать из числа демобилизованных воинов будущие кадры института. Этим же занимались и специалисты, привлеченные к решению новой проблемы из других институтов, уже зачисленные на работу (В.Г. Грачева – кандидат физико-математических наук, В.К. Марков, М.Д. Сенин – кандидаты химических наук, Г.Л. Зверев). Постепенно в институте формировались лаборатории в соответствии с утвержденным техническим заданием. К 1946 г. в институте уже существовало 10 лабораторий: 1-я лаборатория – минералогическая, 2-я – обогатительная, 3-я – гидрометаллургическая, 4-я – по разделению изотопов урана, 5-я – металлургическая, 6-я – электрохимическая, 7-я – для работы немецких специалистов, 8-я – термохимическая, 9-я – аналитическая, 10-я – спектрального и рентгеноструктурного анализа.

Приказ о передаче лаборатории №1 Гиредмета в новый институт был подписан 06.01.1946 г. и эта лаборатория стала в институте одиннадцатой. Не все сотрудники лаборатории №1 Гиредмета перешли в институт: пугала неизвестность и работа в закрытой системе.

В задачи лаборатории №5, которой руководили вначале Г.Л. Зверев, а затем профессор А.Н. Вольский, в первую очередь входила разработка методов получения металлического урана-238, а затем урана-235. В эту лабораторию были направлены специалисты: Ф.Г. Решетников, А.Г. Самойлов, И.В. Будаев, Я.М. Стерлин. В основе тематики лаборатории №6 лежали вопросы электрохимического выделения урана, тория, а в дальнейшем радиоактивных элементов, а также вопросы коррозионного разрушения конструкционных металлов. Лабораторию эту возглавлял член-корреспондент АН СССР профессор Н.А. Изгарышев. В ней сконцентрировались специалисты-электрохимики: А.Н. Огарев, И.З. Шаталов, Г.Л. Новоселов, Е.М. Дюжиков, Э.С. Саркисов, В.П. Сентюрев. Ряд перечисленных сотрудников лабораторий №5 и 6 в свое время возглавляли в институте самостоятельные направления. В 1945 г. в эти лаборатории для передачи опыта временно были откомандированы сотрудницы

лаборатории №1 Гиредмета Н.Ф. Солдатова и Т.И. Успенская, работавшие в Гиредмете над методами получения металлического урана.

В сентябре 1945 г. в институт пришел к.х.н. И.А. Миркин. Он был назначен начальником 8-й лаборатории, которая предназначалась для физико-химических исследований. Вскоре лаборатория получила задание на разработку аффинажного метода выделения урана-235. Готовых помещений для организации возникших прецедентных работ у «базы Главгорстроя» не было. Необходимо было по специальному заданию лаборатории №8 запроектировать и построить новое здание для установки №4. Проектирование У-4 выполнял проектно-конструкторский отдел института, возглавляемый Ф.З. Ширяевым. В техническом задании на проект У-4 впервые были поставлены задачи защиты работающих от радиоактивных загрязнений и пыли. При решении этой новой для того времени задачи пришлось воспользоваться опытом фармацевтических и пищевых производств. Начальником У-4 в период пуска и проведения экспериментов был назначен сотрудник лаборатории №8 М.Д. Сенин. Задание, полученное лабораторией, относилось к разделу особо важных работ и для усиления научного руководства, по рекомендации ряда сотрудников лаборатории (М.Д. Сенина, Ф.А. Костылева) и при активной моей поддержке, в институт был приглашен крупный ученый, специалист по термохимии, профессор МГУ М.М. Попов. По одному и группами мы посещали Михаила Михайловича, агитировали его переступить порог МГУ и выйти на новую стезю, где его знания особенно нужны. В последнее наше посещение Михаил Михайлович угощал нас мороженым и дал, наконец, свое согласие. И вот в 1947 г. по коридорам корпуса «А» застучала палка профессора М.М. Попова, с которой он не расставался, и его громкий голос раздавался далеко, когда он вел научные обсуждения. Вскоре М.М. Попов поставил перед В.Б. Шевченко вопрос о назначении его начальником лаборатории, чтобы исключить двойственность руководства и повысить ответственность за выполнение задания. В 1947 г. он был назначен начальником лаборатории и оставался им до самой смерти.

Начальником аналитической лаборатории №9 в декабре 1945 г. был назначен к.х.н. В.К. Марков. В составе лаборатории создавались группы химического, радиохимического, спектрального, радиометрического методов анализа. Одним из первых сотрудников этой лаборатории была к.ф.-м.н. Б.Г. Грачева, специалист в области радиометрического анализа.

Среди первых сотрудников можно также отметить к.т.н. Д.И. Лейлунскую и И.И. Бутурлина. Получение металлов высокой степени чистоты и работа с радиоактивными изотопами требовали от лаборатории разработки высокочувствительных методов анализа и специальных приборов. В 1946 г. академик Ю.Б. Харитон вместе с другими учеными составил перечень элементов и их допустимых количеств в ядерных материалах. Перечень состоял из 32 элементов, а содержание допустимых примесей в них колебалось от 10–4 до 10–6%. Было ясно, что для разработки методов анализа микроколичеств 32 элементов потребуются годы. К проблеме были привлечены сотрудники института З.В. Ершова, Э.М. Центер, В.Д. Никольский, Л.В. Липис, М.И. Конарев, В.К. Марков, Е.Г. Грачева и др. Многочисленные совещания специалистов-аналитиков, физиков-технологов привели к тому, что список допустимых элементов и их количества были скорректированы, задача была облегчена, методики анализов разработаны и своевременно доведены до аналитических инструкций.

В мае 1946 г. институту была поручена разработка технологической схемы получения плутония-239 по методу осаждения двойного ацетата натрия – урана. Еще в 1945 г. в институте «Радия» (РИАН) начались работы по поискам методики выделения трансурановых элементов. Технологические поиски начали сотрудники института «Радия» под руководством В.Г. Хлопина: А.П. Ратнер, Б.А. Никитин, В.И. Гребенщикова, И.Е. Старик, К.А. Петржак и многие другие. Результаты проведенных исследований были представлены в отчете института «Радия», который в обиходе специалистов-ученых получил название «голубой книги». Этот отчет стал настольной книгой всех сотрудников «базы», привлеченных к проблеме извлечения плутония – от академиков до молодых специалистов. Однако при проектировании крупномасштабного производства выделения плутония из облученного материала на ряд вопросов «голубая книга» ответов не давала. Требовалась проверка технологии на полупромышленном стенде. Директор института В.Б. Шевченко совместно с З.В. Ершовой и рядом привлеченных товарищей принял решение о создании опытной полупромышленной установки (У-5) при лаборатории №11, начальником которой я в то время была. Техническое задание на проектирование установки было поручено группе специалистов лаборатории №11: З.В. Ершовой, М.А. Белокуровой, В.Д. Никольскому, М.В. Угрюмову, Э.М. Центеру, Н.С. Коршунову. Первым начальником установки,

которая вступила в строй уже в феврале 1947 г., была назначена М.А. Белокурова, а научным руководителем – З.В. Ершова. Технологическая схема установки включала все этапы технологии, начиная с доставки исходного материала из колодца и кончая глубокой очисткой плутония. Основная группа сотрудников, занятых проблемой извлечения плутония, не имела опыта работы с радиоактивными элементами и в процессе развертывания работ училась у тех немногих, которые имели опыт (З.В. Ершова, В.Д. Никольский, Е.Г. Грачева, М.А. Белокурова) и брали на себя ответственность за обучение.

Первый тур опытов на установке-5 по проверке технологии, разработанной в РИАНе, был закончен в сентябре 1947 г. Было установлено, что коэффициенты очистки плутония от осколков деления отличаются от тех, которые давала «голубая книга». Отчет о результатах первого тура докладывался на заседании 1-го Главного управления, где председателем был Б.Л. Ванников. Докладчиком была я. Наш институт был уверен в достоверности полученных результатов. Сотрудники института «Радия», присутствующие на заседании, высказали недоверие к нашим результатам. Конечно, мы совершили большую ошибку, не пригласив на эксперимент авторов-разработчиков. Участники заседания, которые были шокированы нашей самоуверенностью, приняли решение о проведении повторного эксперимента с широким привлечением ученых академических институтов (РИАН, ИФХАН, ИАЭ), а В.Б. Шевченко вместо благодарности был записан выговор за самоуправство. Второй тур опытов проводили на У-5 в октябре–ноябре 1947 г. В проведении опытов участвовали сотрудники академических институтов: Б.П. Никольский, Б.А. Никитин, И.Е. Старик, А.А. Гринберг, В.И. Гребенщикова, К.А. Петржак, С.З. Рогинский, Н.Е. Брежнева, Н.В. Тананаев. Второй тур опытов подтвердил результаты первого тура. Одновременно с проведением опытов второго тура в лабораториях шли разработки других схем выделения плутония и поиск более высоких коэффициентов очистки. В декабре 1947 г. глубокой ночью впервые в СССР под руководством З.В. Ершовой и В.Д. Никольского сотрудниками лаборатории №11 М.Е. Пожарской, Р.Е. Картушовой, Е.Е. Застенкер было получено первое весовое количество оксидата плутония. Разработку технологии получения металлического плутония поручили лаборатории №5, возглавляемой в то время Г.Л. Зверевым. Проблема плутония в целом была возложена на вновь организованный отдел А.А. Бочвара, который поставил перед дирекцией института вопрос

о сосредоточении всех работ по плутонию в своем отделе, и в январе 1948 г. была организована лаборатория №10, в которую было переведено 16 сотрудников лаборатории №11, занятых радиохимией плутония. В ноябре 1948 г. в отделе А.А. Бочвара в группе Я.М. Стерлинг были получены первые корольки металла.

В 1949 г. за проведение комплекса успешных работ по получению металла и специзделий ряду сотрудников института были присвоены высокие звания Героев Социалистического труда и лауреатов Государственных премий, многие награждены орденами и медалями. Это награждение было первым. Оно стало важнейшим этапом в жизни юного института. Это было признанием его заслуг в решении важнейших задач, стоявших перед советским народом. Впоследствии за целый ряд особо важных исследований и внедрений еще не один раз сотрудники института получали высокие звания и ордена, а в 1962 г. институт был награжден орденом Ленина.

Заканчивая свои воспоминания о становлении института (1946–1950 гг.), мне хочется подчеркнуть, что это было нашей ПЯТИЛЕТКОЙ, за которую были решены первые важнейшие задачи большой проблемы: получение делящегося материала, создание установок для обработки этого материала, получение сопутствующих материалов, необходимых для осуществления технологических процессов и, наконец, изготовление специзделий. Это была ПЯТИЛЕТКА формирования кадров физиков, химиков, прибористов для новой промышленности. Подготовка этих кадров была важной проблемой, решение которой дало нашему институту возможность решать задачи века научно-технической революции, задачи использования атома в мирных целях. Первая пятилетка института была подготовкой к созданию атомных электростанций, созданию малой энергетики, была началом осуществления использования реакции термоядерного синтеза и создания нового типа реакторов. Описание начала развития исследований в этих областях было дано в 1-ом томе Истории института, авторами которой были крупные ученые, выросшие за первые годы и заслуженно отмеченные правительственными наградами и присвоением им ученых званий. Многие из них уже нет среди нас: кто-то умер, а кто-то ушел на заслуженный отдых. Оставшиеся активно участвуют в решении новых задач, являясь членами ученых Советов многих научных и педагогических институтов.

З.В. Ершова

ВНИИНМ. Страницы истории. М., 1994. Т.2. С. 4-10.

Только что затихли бури, возникшие при решении научно-технических задач 1946-1947 гг., как в январе 1950 г. начался новый шквал. Возникла «газовая проблема», особо важная, особо срочная, которая требовала немедленного решения ряда технологических задач. До нас эта проблема дошла в 1950 г., но ряд ученых и некоторые институты занимались ею, по-видимому, уже раньше.

В нашем Институте научным руководителем проблемы был назначен профессор К.А. Большаков, который в 1948 г. при мобилизации ученых для выполнения задач возникшей новой промышленности был переведен в наш Институт. Он возглавлял кафедру «Технология редких и рассеянных элементов» в Институте тонкой химической технологии им М.В. Ломоносова. Среди мобилизованных ученых были профессора Г.А. Тягунов, В.П. Пешков, Н.А. Бриллиантов. Из сотрудников нашего Института были привлечены Е.Г. Грачева, З.В. Ершова, Л.В. Липис, В.К. Марков, Б.В. Петров, Б.В. Шулятиков, Э.М. Центер. Количество привлекаемых людей к решению проблемы непрерывно возрастало по мере того, как стали более четко вырисовываться задачи и способы их решения.

Уже в середине 1950 г. был сформирован основной состав специалистов, который в силу своей квалификации и специализации был способен решить новую технологическую задачу. В состав этого коллектива вошли: профессор А.Н. Вольский, кандидаты хим. наук А.Н. Ефимов, С.Ш. Ситдыков, Ф.В. Раузен, С.М. Карпачева, А.М. Розен, Е.П. Дергунов, И.Е. Нахутин, М.Д. Сенин, Р.И. Алексеев. На этих людей легла ответственность расширить круг исследований и найти перспективные пути решения проблемы. Коллектив ученых оказался дружным и способным к совместной творческой работе.

Профессор К.А. Большаков был назначен начальником вновь организованного научного отдела. Его заместителями стали З.В. Ершова

и В.П. Пешков. Общее научное руководство проблемой осуществлял Игорь Васильевич Курчатов. Для ознакомления с планом работ и для контроля за его реализацией он регулярно приезжал в институт в составе «Генералитета ПГУ». Ответственные исполнители докладывали результаты и здесь же подвергались критике, одобрению или взбучке.

Одновременно с нами, а может быть немного раньше, к решению этой задачи был привлечен ИФП АН СССР, директором которого в этот период был академик А.П. Александров.

К решению некоторых из поставленных задач уже приступили в ИФП АН СССР. Руководил проблемой чл.-кор. АН СССР А.И. Шальников. Свидание с ним состоялось летом. На встрече присутствовали К.А. Большаков и З.В. Ершова. Наши «верительные грамоты» никто не проверял. Встреча состоялась на территории ИФН АН СССР на одинокой скамейке около небольшого здания, в котором, по-видимому, размещалась его лаборатория. Беседа была не из приятных. Мы получили скупую информацию о тех материалах, которые подвергались реакторному облучению, а затем вакуумно-термической обработке, но для нас, приступающих к аналогичным исследованиям, полученные сведения были очень полезными, подтверждающими, что мы на правильном пути. Отчет об исследованиях ИФП мы получили только через несколько лет.

Дальнейшие встречи с сотрудниками ИФП по разным частным вопросам проводились в присутствии дирекции ИФП, на которых нам всегда удавалось получить подтверждение в правильности выбранного метода исследований или условий проведения эксперимента. Постепенно сотрудники ИФП признали в нас достойного конкурента, пытались нас обогнать в решении некоторых вопросов, ибо школа академика П.Л. Капицы стояла на высоком научно-техническом уровне.

И.В. Курчатов многое продумал для решения этой проблемы и даже сам экспериментировал. Стиль работы Игоря Васильевича мне, З.В. Ершовой, был хорошо знаком по встречам в его лаборатории №2 в Пыжевском переулке при проведении им экспериментов.

В нашем Институте работы велись по широкому плану исследований: изучение физических и физико-химических свойств материалов, пригодных для облучения, и изучение параметров технологических процессов.

Поставленная перед институтом задача была конкретна, решить ее нужно было срочно и качественно. В те времена не было принято отказываться от рекомендованных работ, решался только вопрос: кому можно поручить и доверить... Так, к газовой проблеме был привлечен профессор А.Н. Вольский со своими сотрудниками, профессор Г.А. Тягунов, С.М. Мухамед-Галеева и др. специалисты по вакуумной технике и вакуумной технологии; по технологии редких и рассеянных элементов – кандидаты химических наук Ф.В. Раузен, Б.В. Шулятиков; металлурги-металловеды С.Ш. Ситдыков, А.Н. Ефимов; физики-теоретики И.Е. Нахутин, Б.В. Петров, В.Н. Введенский, Э.М. Центер; специалист по методам анализа радиоактивных сред – Е.Г. Грачева; по химическим и радиохимическим методам анализа – В.К. Марков, С.В. Единсон, Л.А. Блескина, Л.В. Липис, Т.Г. Федоров.

Газовая проблема была новой для нашего Института. Она была новой и для специалистов, привлеченных на различном уровне правительственными распоряжениями.

Решать газовую проблему было поручено исполнителям, почти неизвестным с вакуумной техникой. Снова, как и в 1946 г., встал вопрос о подготовке кадров для работы с опасными радиоактивными газами и обучении их вакуумной технике и молекулярной физике.

При всем разнообразии вопросов, возникавших при решении крупных проблемных задач, весь коллектив, от руководителя до исполнителя, должен был быть готовым к их решению.

По мере расширения объема исследований были привлечены крупные ученые физико-химики: академик И.В. Петрянов, академик Г.К. Боресков.

Необходимо было заново решить проблему безопасности работы с радиоактивным газом, обеспечить меры защиты окружающей среды, исследовать методы очистки выбросов, а также разработать методы дозиметрического контроля и контроля технологического процесса.

В 1951 г. К.А. Большаков и З.Б. Ершова поставили для обсуждения перед академиком И.В. Курчатовым и перед Б.Л. Ванниковым вопрос о «возможности применения для наработки радиоактивного газа в реакторных условиях, при непрерывной откачке его во время протекания

ядерной реакции на нейтронах, не удлиняя срок его накопления и сокращая потери на радиоактивный распад».

При первом же обсуждении «идеи», которое состоялось в мае 1951 г. в коттедже Игоря Васильевича, он и Б.Л. Ванников дали «добро» и поручили директору НИИ ХИММАШа Н.А. Доллежалю срочно начать проектирование промышленного стенда на аппарате «Анны Ивановны». Вот здесь-то И.В. Курчатов рассказал нам, что аналогичная «идея» у него уже возникла и что он вместе с Б. Дубовским уже проводил однажды эксперимент. Однако ни Игорь Васильевич с Б. Дубовским, ни К.А. Большаков с З.В. Ершовой не подавали заявки на авторское свидетельство на столь перспективную идею. Такие в те времена были щедрые ученые и конструкторы! Но были и другие, которые пытались проработать эту чужую идею, внося в нее незначительные технические корректировки, оформляли авторскую заявку. Чтобы не вспомнить худом тех, кого уже нет в живых, за давностью лет простим им это. И вот этот способ ожил при решении энергетической проблемы для реактора типа «ТОКАМАК». Но благодаря «бдительности» некоторых руководителей наши идеи, так горячо поддержанные в 1951 г. И.В. Курчатовым, в настоящее время спрятаны за семью замками, и мы вынуждены пользоваться зарубежными публикациями.

Первая задача по газовой проблеме решалась оперативно. В 1951 г. в институте была создана полупромышленная установка 14, на которой осваивали технологические процессы. Однажды мы получили из ИФП АН СССР сигнал, что из облученных изделий выделяется взрывоопасный радиоактивный газ. Мы решили не повторять такой эксперимент в закрытом помещении и организовали стенд для вскрытия изделия под открытым небом во дворе института. Директор института В.Б. Шевченко, научные руководители и начальник установки №5 М.В. Угрюмов провели эксперимент по вскрытию облученных ампул путем надреза оболочек специально изготовленной ножовкой. При вскрытии только из одной ампулы, содержащей фтористые соединения, вырвался под давлением газ, это воспламенился элементарный фтор – продукт радиационного разложения фторидов.

Вспоминается еще один эпизод. При обработке закрытых металлических емкостей с облученными кислородсодержащими соединениями

лития при вакуумно-термической обработке столкнулись с потерями продукта ядерной реакции. Физико-химические исследования облученных материалов, проведенные Б.В. Шулятиковым, Л.А. Блескиной, С.М. Мухамет-Галеевой, показали, что значительная часть продуктов реакции находится в связанном состоянии и легко сорбируется на стенках аппаратуры и вакуумных коммуникациях. При полупромышленных испытаниях это выразилось в значительных потерях продукта. Случайно этот эксперимент проводился в день, когда нас посетило начальство. Неудачи всегда быстро становятся достоянием многих.

И.В. Петрянов, Н.А. Бриллиантов, Р.И. Алексеев помогли сконструировать специальную ловушку для улавливания паров воды и морозной пыли, которые были носителями продукта и причинами его потерь.

Аналогичный эпизод произошел на стенде установки 14, где под руководством Б.В. Петрова шло испытание метода «противопоточной масс-диффузии» для получения газа высокой чистоты. Здесь мы столкнулись с эффектом изотопного обмена в среде водяной пар – газ. Обнаружить этот эффект было очень трудно, но, применяя метод измерения тормозного излучения, нам удалось найти места его скопления. Авторитетная комиссия из двух академиков наблюдала за нашими поисками, ничего не советовала, ожидала результатов. Конечно, их присутствие нас нервировало.

Комиссия ушла совещаться, а потом сообщила нам «радостную новость» и просила не беспокоиться, поскольку в ИФП закончена проработка метода низкотемпературной ректификации и уже создан промышленный аппарат. Конечно, начальство радовалось, радовался директор ИФП академик А.П. Александров. В основу метода ИФП были положены результаты многолетних исследований академика П.Л. Капицы, ученого с мировым именем.

Поступок ИФП – скрыть от нас, коллег по разработке новых процессов, что ведется разработка другого процесса и при этом посещать наш институт, знакомиться с результатами наших экспериментов и не обмолвиться о своих достижениях, сообщить о законченности их разработок в момент, когда мы встретились с трудностями, на устранение которых требовалось время, – не был для нас радостным. Оказалось, что мы негласно соревновались с неравными силами.

Об этих и других эпизодах соревнования следует помнить при создании научной летописи развития проблемы.

Несмотря на все трудности, которые встречались, мы уже к 1952 г. разработали основные технологические процессы, методы анализа, приборы и аппаратуру. В 1952 г. пусковая бригада во главе с научными руководителями выехала на предприятия для организации промышленного производства. Предстояло быстро обучить технические кадры, рабочий персонал. Научные руководители отдельных участков, сотрудники института были распределены для работы посменно. Назову имена тех, кто работал наиболее ответственно и увлеченно: Г.А. Тягунов, И.Е. Нахутин, С.Ш. Ситдыков, Е.Г. Грачева, Д.И. Евграфова, Т.И. Дмитриевская, Б.В. Петров, Ф.В. Раузен, Л.К. Головкин, Л.В. Мунтянова, Е.М. Дюжиков. Научные руководители – К.А. Большаков, З.В. Ершова, В.П. Пешков – также обеспечивали круглосуточное наблюдение.

На пуске первого промышленного цеха №1 завода 156 мы работали с А.С. Никифоровым, который участвовал в разработке в производственных условиях «беспроблемного» метода вскрытия изделий, обоснование которому было дано в одной из работ института, выполненной Н.К. Виноградовой. При изучении этого процесса в производственных условиях А.С. Никифоров получил данные, позволившие внедрить этот метод в промышленность.

Начиная с 1952 г., на аппарате «АИ» приступили к реакторным испытаниям так называемого «трубного» метода, авторами которого были К.А. Большаков и З.В. Ершова.

Первыми ответственными исполнителями были Е.П. Дергунов и Ф.В. Раузен, в работе участвовали многие сотрудники: И.Д. Кузнецова, Н.И. Драпаш, П.Т. Крайний, Н.А. Нилов, А.И. Барабанов, Э.Г. Казаков, В.В. Иванова, Н.Ф. Ларионов, Н. Межеборский. Так как работы вели круглосуточно, на смену этой группе выехала бригада под руководством Б.В. Шулятикова и аналитическая группа в составе Л.Г. Феофиловой (ныне Л.Г. Шулятикова), В.П. Басмановой, Е.Г. Одиной.

Группа Б.В. Шулятикова провела эту работу более тщательно, учитывая недостатки в работе первой группы. Эта бригада работала до 1955 г., затем в 1957 г. эту работу на газовом заводе (ИАЭ) возобновила группа

молодых специалистов под руководством С.М.Мухамет-Галеевой при общем руководстве Б.В. Шулятикова.

В 1952–1953 гг. под руководством д.т.н. З.В. Ершовой для повышения безопасности производства были проведены исследования по созданию защитных (барьерных) покрытий, снижающих диффузионные утечки газов. В результате проведенных Н.К. Виноградовой и З.В. Ершовой исследований такие покрытия были разработаны, что привело к снижению утечки и выбросов газов в атмосферу более, чем в 100 раз. Разработанные технологические процессы легли в основу диссертаций многих ученых и молодых специалистов (В.Н. Введенский, Н.К. Виноградова, В.Г. Васильев, С.М. Мухамет-Галеева, И.Е. Нахутин, Б.В. Петров, Н.Н. Рязанцева, Е.П. Старшин, С.И. Сорокин, В.Н. Тебус, а также группа специалистов, работавших под руководством академика А.Н. Вольского). Многим сотрудникам, работавшим ранее по проблеме К.А. Большакова и теперь успешно продолжающих работать, присвоено звание старшего научного сотрудника без защиты диссертации.

Наш институт (ВНИИНМ) продолжает успешно сотрудничать с предприятиями по усовершенствованию технологических процессов, их интенсификации, повышению выходов, сокращению отходов, уменьшению воздушных выбросов, усовершенствованию аппаратуры и арматуры.

Оценивая работу отдела по годам, начиная с 1950 г. до 1953 г., можно сказать, что задача, поставленная перед институтом в 1950 г., была своевременно выполнена. В ее выполнении большую роль сыграл директор института инженер-полковник профессор В.Б. Шевченко. Он обладал даром доверять людям и специалистам, с которыми ему как директору пришлось решать эту проблему.

С тех пор прошло много лет, точнее, несколько десятилетий. Из тех, кто начинал эту проблему, многих нет в живых, и лишь немногие вышли на заслуженный отдых.

Сменились люди, которые вместе с нами пускали производство, пришли молодые, образованные. Есть научные и инженерные новинки, некоторые из них завод внедряет. У завода много своих предложений, которые опережают наши предложения.

Содержание

Предисловие.....	3
<i>М.В. Владимирова</i>	
Ершова Зинаида Васильевна.....	4
<i>М.В. Владимирова</i>	
Мария Кюри. Зинаида Ершова. Радий. Полоний.....	30
<i>Ю.Г. Клабуков</i>	
Полоний для ядерного оружия и космоса	52
<i>М.В. Владимирова</i>	
Создание технологии получения трития.....	63
<i>В.К. Капышев</i>	
З.В. Ершова и исследования инженерных проблем управляемого термоядерного синтеза	72
<i>Ф.П. Теплов</i>	
Разработка конструкций и технологий изготовления радионуклидных источников ионизирующих излучений во ВНИИНМ.....	79
<i>Б.Я. Щербаков</i>	
Борьба за спасение ториевого цикла.....	88
<i>З.В. Ершова</i>	
Открытие радиоактивности и первых радиоактивных элементов.....	93
<i>З.В. Ершова</i>	
О встречах с И.В.Курчатовым.....	100
<i>З.В. Ершова</i>	
Рождение института.....	112
<i>З.В. Ершова</i>	
Пятидесятый год	120

ПЕРВАЯ ЛЕДИ СОВЕТСКОЙ АТОМНОЙ НАУКИ

**(Сборник статей к 100-летию со дня рождения З.В. Ершовой,
под редакцией М.В. Владимировой)**

Редактор Рабецкая И.Р.

Ответственный выпускающий Хапёрская А.В.

Художественное оформление и

обработка иллюстраций Житков А.А., Илюшина Е.К.

Компьютерная верстка Махмутова М.Р., Сафронова О.А.

Секретарь редакции Шехватов В.К.

Сдано в набор 13.09.2004г.

Уч.-изд. л. 6,5

Формат 70×108/16

Подписано в печать 12.10.2004г.

Печ. л. 8,0 Тираж 300 экз.

Заказ тип. №599

Отпечатано в типографии ФГУП ВНИИНМ 123060, Москва, а/я 369, ВНИИНМ.

Контактный телефон (095) 190-82-74

**Первая леди советской атомной науки. Сборник статей к 100-летию
З.В. Ершовой. 2004. С. 1–127.**

