

базы (создана в Курчатовском институте в 1952 г.), где проходили испытания твэлы для ядерных реакторов различного назначения.

- ¹⁸ Головин Игорь Николаевич (род. в 1913 г.) — физик, доктор физико-математических наук, профессор, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР. С 1944 г. по настоящее время работает в РНЦ «Курчатовский институт»; С 1950—1958 гг. — первый заместитель Курчатова.
- ¹⁹ Махнев Василий Алексеевич (1903—1965) — начальник секретариата Л. П. Берии. С 1945—1953 гг. — член и секретарь Спецкомитета; с 1953 г. работал в Минсредмаше начальником Управления научно-технической информации и международных связей.
- ²⁰ Кондорицкий Василий Сергеевич (1904—1964) — начальник Управления Научно-технической информации в 1957—1964 гг.

Предисловие (об авторе), примечания и комментарии, запись и обработка воспоминаний подготовлены научным сотрудником РНЦ «Курчатовский институт», кандидатом исторических наук Н. В. Князькой

Ю. С. ЗАМЯТНИН

ВОСПОМИНАНИЯ ОБ УЧАСТИИ В АТОМНОМ ПРОЕКТЕ



Ю. С. Замятнин

Коротко об авторе

Юрий Сергеевич Замятнин — ведущий научный сотрудник Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна), лауреат Государственной и Ленинской премий, награжден четырьмя орденами Трудового Красного Знамени. С мая 1945 участвовал в разработке советского атомного проекта, сначала в Лаборатории № 2 АН СССР (ныне РНЦ «Курчатовский институт»), затем во ВНИИЭФ (Арзамас-16). В июле 1949 в составе группы Г. Н. Флерова (под руководством И. В. Курчатова и при участии Я. Б. Зельдовича) участвовал в экспериментах по определению критической массы металлического плутония-239 в Челябинске-40, являвшихся одним из важнейших финальных этапов по созданию первой советской атомной бомбы. Под его руководством была также разработана методика, позволившая сделать уверенный вывод о том, что первое советское испытание водородного оружия 12 августа 1953 г. было термоядерным взрывом. В течение нескольких лет Ю. С. Замятнин был в Арзамасе-16 заместителем начальника сектора экспериментальной физики. В 1966—1976 занимал ряд руководящих должностей

(вплоть до заместителя директора) в Институте ядерных реакторов в Димитровграде (Мелекесс), где была налажена промышленная наработка изотопов сверхтяжелых элементов в весовых количествах. С 1976 Юрий Сергеевич работает в ОИЯИ (Дубна), последние 11 лет — в Лаборатории нейтронной физики.

Как я стал ядерщиком

Первые три года моей учебы на физфаке МГУ прошли вполне успешно и спокойно. Война все поломала. В начале сентября 1941 г. большинство четверокурсников были направлены на учебу в военные академии. Совершенно неожиданно, по медицинским показаниям, меня признали негодным к строевой службе и выдали «белый билет». До середины октября какие-то занятия в Университете шли, а потом, когда к Москве подошли немецкие войска, занятия прекратились. Кое-кто поехал с МГУ в Ашхабад (как, например, А. Д. Сахаров), а я поступил работать на военный завод и всю войну проработал на авиационном заводе.

В 1944 г. я узнал, что И. В. Курчатов собирает физиков для проведения работ большой важности. Узнал через своих знакомых, в какой-то степени случайно. В то время было выпущено распоряжение отзывать из армии физиков, и многие вернулись в Москву, в Университет и на работу к Курчатову. Но в этом распоряжении не говорилось, что можно отзывать и с военных заводов. Поэтому мои обращения к руководству завода не привели ни к чему, меня с завода не отпускали. В январе 1945 г., набравшись храбрости, я поехал к Курчатову в институт, который в то время размещался в одном-единственном здании без ограждения на огромном картофельном поле окраины Москвы. Позвонил Игорю Васильевичу и сказал, что хотел бы с ним встретиться. Он разрешил меня пропустить, и я поднялся к нему в кабинет. Рассказал, что заканчиваю физический факультет, показал зачетную книжку — у меня в основном были пятерки. Сказал, что, работая на заводе, сдал экстерном экзамены за 4-й и 5-й курсы, остались только дипломная работа и госэкзамены, и я хотел бы снова вернуться к физике. В конце разговора Игорь Васильевич вызвал сотрудницу из отдела кадров, я заполнил анкету и ушел.

Поступив в МГУ в 1938 г., мы заканчивали Университет в разное время: поэтому в 1988-м, 50 лет спустя, оставшиеся в живых однокурсники решили отметить знаменательную дату. Андрей Дмитриевич Сахаров тоже участвовал в этой встрече. С нашего курса вышли три академика, а докторов и кандидатов — не перечислить. В 1945 г. на факультете был организован так называемый спецкурс, первая в МГУ группа физиков-ядерщиков. В ней учились и такие хорошо известные в ОИЯИ люди, как Федор Львович Шапиро, Михаил Исаакович Подгорецкий, Николай Иванович Петров... Читали нам лекции Дмитрий Владимирович Скобельцин, Илья Михайлович Франк, Владимир Иосифович Векслер, Леонид Васильевич Грошев, Сергей Николаевич Вернов... Как много нам дали наши учителя!

Продолжая работать на заводе, ждал, что будет дальше. В конце мая 1945 г., когда война уже закончилась, меня вызвали к начальнику отдела и показали распоряжение: «Откомандировать Ю. С. Замятина в распоряжение НКВД СССР». НКВД в то время — это Берия и все прочее, меня, конечно, без звука, сразу откомандировали. Таким образом с начала июня я стал работать в Лаборатории № 2 АН СССР в секторе П. Е. Спивака.

Перед первым испытанием (1948—49 гг.)

В конце 1946 г. в Лаборатории № 2 был пущен первый на континенте ядерный реактор на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем. Однако для создания оружия было необходимо получить цепную реакцию деления на быстрых нейтронах без их замедления. Для этого требовалось знание целого ряда ядерных констант или их комбинаций, измеренных экспериментально. Такие измерения было решено проводить вне территории г. Москвы, в организации, непосредственно занимавшейся разработкой ядерного оружия под научным руководством Ю. Б. Харитона (в настоящее время ВНИИЭФ).

В связи с этим в начале 1948 г. меня пригласили на беседу, и руководством лаборатории № 2 мне было предложено войти в состав группы научных сотрудников во главе с Г. Н. Флеровым, которая должна была выехать из Москвы для проведения необходи-

мых экспериментов. В состав группы, кроме меня, входили также научные сотрудники Лаборатории № 2 А. А. Березин и Д. П. Ширшов. В конце марта 1948 г. мы с Флеровым вылетели из Москвы, как выяснилось позднее на месте, в район г. Арзамаса. Первое время мы по-прежнему считались сотрудниками Лаборатории № 2, находящимися в длительной командировке. Даже срок был определен — 9 месяцев, но для меня это оказалось — 18 лет.

Летели мы на грузовом самолете — я впервые в жизни поднялся в воздух. Стоял март 48-го, в самолете оказалось очень холодно, изнутри он был весь алюминиевый, с откидными сиденьями вдоль бортов. Куда летим, я не знал, — правда, сказали, что не очень далеко от Москвы, но по времени полета (около полутора часов) и по солнцу можно было приблизительно оценить расстояние. Первое, что мы увидели, когда самолет пошел на посадку, была колокольня. Только потом мы узнали, что «объект» — это Арзамас-16, Научно-исследовательский институт экспериментальной физики, сейчас уже известный, а вокруг монастыря — Саровская пустынь, святые места...

Место там очень красивое, в лесу — корабельные сосны, климат хороший... Дороги к объекту были трудно проезжими, только на газике можно было пробраться к нашему жилью. Расположились мы довольно комфортно, у каждого — своя комната, вчетвером в двухэтажном коттедже: Флеров, Ширшов, Березин и я, самый молодой в группе. За нашим домом была протянута колючая проволока, там велось строительство очередных коттеджей, где работали заключенные.

В первые годы сотрудники организации Ю. Б. Харитона были практически изолированы от внешнего мира: не разрешалось вести переписку, нельзя было выезжать с «объекта», выносить домой записи. Но у нашей группы сохранялась связь с курчатовской лабораторией, и, если кто-то ехал в Москву, то другие, пользуясь оказией, передавали на «Большую землю» письма, деньги для своих родных.

С одной стороны, работать было трудно, с другой — легко. Сочетание несколько необычное. Чувствовалось, что для всех наших заказов была открыта «зеленая улица». Игорь Васильевич, имея большой вес в правительстве, делал все, чтобы мы были обеспечены всем необходимым для работы и в бытовом плане.

В первые годы мы ничего, кроме работы, практически не видели. Позднее, когда уже приехало много молодых сотрудников из МИФИ, университетов, часто собирались вместе, отмечали праздники. Жизнь была напряженная, но нескучная. Хорошие воспоминания остались о том времени. Для меня вообще это был наиболее плодотворный период, период наибольшей отдачи, успехов. Правда, в то время печататься нам не разрешали. Первая публикация появилась у меня в 1957 г., когда был создан журнал «Атомная энергия», в нем впервые начали публиковать наши старые работы, их открытые разделы (см. [1; 3; 4]).

Основными задачами группы являлось изучение характеристик взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами тяжелых элементов и деления ядер. Для проведения расчетов в первую очередь были необходимы знания числа вторичных нейтронов, образующихся при делении, их энергетического спектра, а также изучение процессов прохождения и отражения быстрых нейтронов слоями различных материалов. Последнее было связано с задачей выбора оптимального материала для отражателя нейтронов, требующегося для уменьшения величины критической массы. Завершить работу должно было экспериментальное определение критической массы металлического плутония-239 в различных отражающих оболочках.

Для выполнения этой программы прежде всего нужно было создание необходимых условий, обеспечивающих возможность проведения экспериментов. В связи с отсутствием на месте большей части необходимого оборудования, силы пришлось направить прежде всего на разработку методик измерений, измерительной аппаратуры и детекторов нейтронов, причем для ускорения работ часть аппаратуры была привезена из Москвы.

Большой вклад в изготовление механического оборудования внес мастер-механик Е. Ф. Вырский. Это была весьма колоритная фигура. Раньше он работал в МТС и имел опыт решения задач в условиях минимальных возможностей. Первую электронную аппаратуру изготавливали молодые техники В. Болотов и М. Филимонычев, позднее эта

группа пополнилась талантливым инициативным инженером Б. А. Предейном и выпускником Военной академии связи А. И. Веретенниковым, благодаря чему к 1951—52 гг. уровень электронных разработок резко возрос и стало возможным применение электроники наносекундного диапазона.

Изготовление необходимых для работы нейтронных источников было отдельной важной задачей. Ее решение в большей степени обеспечивалось благодаря героической работе прекрасного радиохимика М. В. Дмитриева, который взялся в трудных условиях выделить из препарата *RaD* продукт его распада — полоний.

Для определения интенсивностей нейтронных источников разработали методику, использующую активацию золота или марганца при помещении источника в центр большого бака с водным раствором солей этих элементов (см. [1]). Для сравнения интенсивностей источников с различным спектром нейтронов А. А. Березиным применялся менее трудоемкий метод — измерения площадей под кривыми замедления нейтронов в большом баке, заполненном парафином.

Большой находкой явилось создание так называемого «имитирующего» нейтронного источника, в котором вместо обычно применяемого бериллия (*Ra+Be*, *Po+Be*) использовалась соль *Ca(BeF₄)₂*. Хотя выход нейтронов такого источника существенно ниже, чем бериллиевого, однако энергетический спектр нейтронов менее жесткий и более близок к спектру нейтронов деления, что делало применение «имитирующего» источника незаменимым при проведении большинства экспериментов.

В качестве детектора быстрых нейтронов наиболее эффективным было использование «всеволнового» счетчика, изготовленного по образцу счетчика Хансона и МакКиббена (см. [2]). Внесение ряда усовершенствований в конструкцию счетчика позволило повысить его чувствительность и улучшить спектральные характеристики. Калибровка счетчика на нейтронных источниках с различной энергией и известной интенсивностью показала постоянство (в пределах 5%) чувствительности счетчика к быстрым нейтронам в широком диапазоне энергий. Это было ценным качеством детектора для экспериментов, связанных с процессами упругого и неупругого рассеяния нейтронов, сопровождающимися изменением их энергии.

Заметим, что позднее таким чувствительным счетчиком проверялся нейтронный фон нейтронного запала «изделия» перед его испытанием на полигоне. Создание нейтронного запала, который должен был инициировать цепную реакцию, было очень ответственным делом, которое поручили В. А. Давиденко (также приехавшему из Лаборатории № 2). Это была ювелирная работа. Надо было изготовить маленький шарик, в котором содержалось большое количество полония (чрезвычайно неприятный и высокоактивный продукт) и бериллий. Они были разделены тонкой фольгой и перемешивались лишь при взрыве. В. А. Давиденко прекрасно справился с этой задачей.

Всеволновой счетчик в первую очередь использовался для изучения отражающих свойств различных материалов. В этих опытах, которые проводились Д. П. Ширшовым (между прочим, братом папанинца П. П. Ширшова) совместно с лаборантом В. А. Чернышевой, источником нейтронов служил «имитирующий» источник. В качестве отражающих материалов использовались металлические диски и пластины тяжелых элементов: урана, вольфрама, железа и даже золота. Последнее в количестве нескольких десятков килограммов было получено во временное пользование из спецфонда, и поэтому при проведении измерений с золотыми дисками в помещении выставлялась дополнительная охрана.

Измерения проводились в просторной комнате, счетчик нейтронов, источник и отражатели располагались на треногах высоко над полом во избежание дополнительного влияния рассеянных нейтронов. Измерялось увеличение числа отсчетов счетчика при помещении отражателей непосредственно за источником, в зависимости от их толщины. Результаты измерений показали заметное преимущество уранового отражателя.

Параллельно с опытами по отражению нейтронов выполнялись и другие измерения. В частности, мне было поручено определение энергетического распределения нейтронов деления. Для решения этой задачи использовался метод регистрации протонов отдачи в большом пропорциональном счетчике, наполненном этаном (*C₂H₆*). Размеры

счетчика и давление газа подбирались таким образом, чтобы пробеги протонов были малы по сравнению с размерами счетчика и тем самым снижался «краевой эффект».

В 1948 г. измерение спектров было весьма трудоемким занятием. Об уровне измерительной техники того времени можно судить по примененному способу измерений. В настоящее время амплитудное распределение импульсов можно элементарно получать с помощью многоканального амплитудного анализатора импульсов. Тогда таких анализаторов еще не было, поэтому Г. Н. Флеров предложил использовать для этой цели самописец, записывающий амплитуду импульсов от протонов отдачи на своем барабане. После этого требовалось выполнять вручную трудоемкую процедуру измерения амплитуды каждого импульса на ленте и построения измеряемого распределения, причем для получения приемлемой статистической точности была необходима регистрация многих тысяч импульсов.

Таким методом был определен спектр нейтронов при делении урана-235 (содержащегося в естественном уране) тепловыми нейтронами в диапазоне энергий нейтронов деления 0,2—0,8 МэВ (см. [3]). Источником тепловых нейтронов служил фотонейтронный источник, окруженный парафином (ампула радиотория, помещенная в цилиндр с тяжелой водой), с энергией нейтронов 0,2 МэВ. Калибровка пропорционального счетчика по энергии выполнялась с помощью монохроматических нейтронов с энергией 0,2 МэВ и 0,8 МэВ фотонейтронных источников $RdTh+D_2O$ и $RdTh+Be$. Для надежности измерения спектра были повторены на тепловой графитовой колонне первого ядерного реактора в Лаборатории № 2.

Позднее путем регистрации в ионизационной камере ядер отдачи азота измерения были продолжены в области энергий до 4 МэВ. А еще позднее, уже в 50-х гг., благодаря развитию наносекундной электроники, впервые для спектрометрии быстрых нейтронов начал применяться метод времени пролета (см. [4, 5]). До этого метод времени пролета использовался только для спектрометрии медленных и резонансных нейтронов.

Очень важно отметить такую характерную черту нашей работы: существовала система дублирования. Во избежание сбоев дублировались очень многие вещи: разным группам поручались одни и те же измерения. Дублировалась электроника в системе оружия и все, что только можно было продублировать. Если одна какая-то система откажет, то сработает другая, стремились к тому, чтобы вероятность отказа и той и другой была минимальной.

Так, параллельно с нашими измерениями спектр нейтронов деления изучался в Москве К. Н. Мухиным методом толстослойных ядерных фотоэмульсий в области энергии выше 0,5 МэВ. Первая иностранная публикация о спектре нейтронов деления появилась только в 1951 г. (см. [6]). Тогда мы и смогли сравнить наши результаты с американскими.

Кроме непосредственного измерения спектра, определение «жесткости» нейтронного спектра было использовано мною для оценки времени испускания нейтронов из возбужденных осколков деления. Для этого сравнивалась «жесткость» нейтронов при торможении осколков в среде с разной плотностью. Отсутствие заметного различия в спектрах нейтронов свидетельствовало о том, что нейтроны испускаются до существенного торможения осколков, т. е. за время менее 10^{-13} сек (см. [3]).

Весной 1949 г. во ВНИИЭФ была предпринята первая экспериментальная оценка критической массы металлического плутония. Так как к этому моменту времени количество накопленного плутония было еще мало и находилось далеко от критического значения, результаты этих опытов позволили получить расчетным путем лишь грубую оценку значения критмассы.

В это же время велась подготовка необходимой оснастки и аппаратуры для проведения основных критмассовых измерений. Такие измерения было решено проводить на Урале, на территории металлургического предприятия, изготавливавшего металлический плутоний (нынешнего Челябинска-40).

После того как было наработано достаточное количество плутония, в июне 1949 г., т. е. примерно за 3 месяца до первого испытания оружия, группа Г. Н. Флерова почти в полном составе вместе со всем необходимым оборудованием выехала на место измерений. Измерения проводились в отдельном здании, удаленном от других строений.

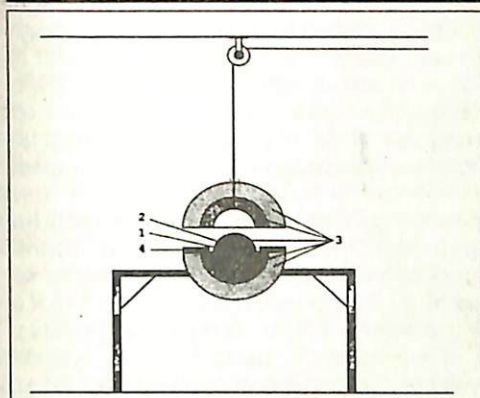


Рис. 1. Схематическое изображение установки для проведения критмассовых экспериментов. 1 — источник нейтронов; 2 — плутоний; 3 — урановые оболочки; 4 — ограничительные прокладки

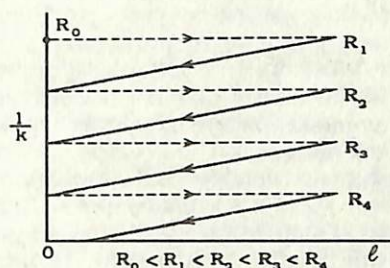


Рис. 2. Схема последовательности измерений при проведении критмассовых экспериментов. R_0 — радиус начальной урановой оболочки; R_1 — радиусы оболочек последовательно увеличивающейся толщины; l — величина зазора между полусферами

Установка для измерений была смонтирована в просторном помещении и состояла из металлической подставки-станины, на которой размещались нижние полусферы отражающих урановых оболочек и обе полусферы из плутония, покрытые тонкой полусферой из урана (радиус R_0 на рис. 2) для защиты от механических повреждений; системы блоков, позволяющих с помощью ручной авиационной лебедки поднимать и опускать верхние полусферы урановых оболочек; всеволнового детектора нейтронов и регистрирующей электронной аппаратуры; световой и звуковой сигнализации скорости счета (см. рис. 1). И. В. Курчатова все это устройство с блоками и тросиками в шутку называл «египетской техникой». В центре плутониевых полусфер размещался нейтронный источник. Предварительно было проверено постепенным сближением плутониевых полусфер, что вся эта система, как и следовало из расчетов, находится в подкритическом состоянии.

Основным содержанием эксперимента на каждом его этапе было определение коэффициента умножения нейтронов в системе по изменению скорости счета нейтронного детектора. Для данной конфигурации системы коэффициент умножения возрастал по мере опускания верхних урановых полусфер. Построение зависимости обратной величины коэффициента умножения от зазора между полусферами l и экстраполяция этой величины к нулю давала возможность определить состояние системы по отношению к критическому (рис. 2). Такие измерения проводились для урановых оболочек постепенно увеличивающейся толщины. При достаточной толщине оболочки (R_4) критичность достигалась еще до полного сближения и соприкосновения ее с нижней частью системы. В целях безопасности эксперимента каждое опускание верхних урановых полусфер на нижние ограничивалось и фиксировалось дистанционирующими прокладками необходимой толщины. Результаты хода экспериментов сразу же использовал для расчетов значения критмассы Я. Б. Зельдович, который находился с нами и проводил моментальные вычисления на логарифмической линейке. Это был очень опасный эксперимент. Надо было, с одной стороны, максимально приблизиться к критмассе, с другой — ни в коем случае не достигнуть ее. Тогда все могли бы переоблучиться и погибнуть. Аналогичный случай в Америке был, мы знали об этом. Но тем не менее Игорь Васильевич смело проводил этот эксперимент, и после того как были оценены значения критмассы, он пошел еще несколько дальше — решил осуществить некий разгон системы за счет запаздывающих нейтронов. Есть очень узкий интервал между так называемой верхней и нижней критмассой. Если попасть между ними, перейти нижнюю, но не достичь верхней, тогда происходит разгон системы, но управляемый разгон, он определяется периодом запаздывания нейтронов.

Осуществление незатухающей цепной реакции на быстрых нейтронах стало, по существу, пуском первого в СССР физического реактора (как тогда называли — «котла») на быстрых нейтронах нулевой мощности. Физический котел на быстрых нейтронах, по моей инициативе, назвали сокращенно ФиКоБыН. Если в 1949 г. такая система использовалась при определении критмассы плутония, то потом, уже в Арзамасе, ФиКоБыН действовал как стационарная установка, а также использовался как интенсивный источник нейтронов, близких к спектру деления.

Все описанные критмассовые эксперименты проводились под общим руководством И. В. Курчатова, который на самых ответственных этапах этих экспериментов принимал личное, самое непосредственное участие, и при постоянном внимании руководителя Первого Главного Управления Б. Л. Ванникова и А. П. Завенягина.

В духе того времени вся работа группы Г. Н. Флерова во ВНИИЭФ выполнялась в атмосфере большого энтузиазма, с пониманием ее жизненной важности для страны. Это позволило подготовить и выполнить весь описанный комплекс исследований за такой сжатый срок, как полтора года. Успешное завершение этих экспериментов стало важнейшим этапом на пути к испытаниям первой советской атомной бомбы.

Подготовка и проведение первого термоядерного испытания

Вскоре после первого испытания атомного оружия в 1949 г. часть сотрудников Лаборатории № 2 уехала из Арзамаса. Однако без дела мы не остались — началась разработка термоядерного оружия, для создания которого были нужны новые измерения, новые константы.

В. А. Давиденко поехал в Дубну и начал на электростатическом генераторе измерения сечений термоядерных реакций, главной из которых являлась реакция $D+T$. С этой целью ионы дейтерия ускорялись на генераторе до необходимой энергии и облучали тритиевую мишень. Было известно, что сечение $D+T$ реакции имеет резкий максимум при энергии дейтронов 100—120 кэВ и быстро падает с уменьшением энергии. Было важно определить величину сечения и его ход в области меньших энергий, так как термоядерная реакция должна была протекать при тепловых энергиях, эквивалентных несколько кэВ. Такие измерения были весьма сложными в связи с быстрым падением величины сечения и возрастанием методических трудностей при малых энергиях дейтронов.

Д. П. Ширшов, Е. Д. Воробьев и я под руководством Г. Н. Флерова начали в Москве измерения сечений взаимодействия нейтронов, образующихся в результате $D+T$ и $D+D$ реакций, с ядрами тяжелых элементов, в частности сечения деления урана-238 термоядерными нейтронами.

Наиболее удобным источником таких нейтронов служил «нейтронный генератор» — источник высокого напряжения на 100—200 кэВ, под действием которого ионы дейтерия ускорялись и бомбардировали соответственно тритиевую или дейтериевую мишень. При таких энергиях ионов генератор становился интенсивным источником нейтронов с энергией 14 МэВ или 2,5 МэВ. Пока не были созданы нейтронные генераторы в Арзамасе и в Лаборатории № 2, такие измерения проводили на ускорителе в Институте химической физики.

В виду важности этих данных и для их большей достоверности работы дублировались в нескольких институтах: в Радиевом институте группой К. А. Петржака, в ФИАНе в лаборатории И. М. Франка. Результаты измерений сопоставлялись и обсуждались, если были расхождения в полученных данных.

В конце 1950 г. меня попросили вернуться в Арзамас. К этому времени туда приехали И. Е. Тамм и А. Д. Сахаров с группой своих сотрудников — теоретиков, чтобы возглавить работы по термоядерной проблеме. Я должен был продолжить измерения нейтронных спектров и сечений деления изотопов урана и плутония термоядерными нейтронами. В это время в Арзамасе Л. Б. Порецким и Ю. А. Васильевым был построен нейтронный генератор и начались измерения нейтронных сечений и спектров вторичных нейтронов, образующихся после прохождения нейтронов с энергией 14 МэВ через слои различных материалов, в том числе делящихся: тория-232, урана-233, урана-235, урана-238

и плутония-239. Впоследствии, в конце 50-х гг. эти работы были опубликованы в журнале «Атомная энергия» (см.[7—9]).

Если первые измерения спектра нейтронов деления, как уже упоминалось, были выполнены с помощью газового пропорционального счетчика, то при высоких энергиях нейтронов, вплоть до 14 МэВ, пробеги протонов отдачи становились настолько большими, что измерять их с помощью счетчика было нереально. Поэтому для регистрации протонов стали использоваться фотопластинки со специальной толстослойной ядерной фотоэмульсией. После облучения нейтронами и проявления пластинок производилась довольно трудоемкая работа по микроскопическому просмотру фотопластинок, которой занимались сотрудники группы И. Н. Сафина, Е. К. Гутникова, Н. И. Иванова и лаборанты Л. Каштанова, Н. Николаева, В. Чернышева.

Этими измерениями было установлено, что после прохождения нейтронов с энергией 14 МэВ через слои практически всех материалов, спектр нейтронов состоит из двух четко разделенных частей: первичных и упруго рассеянных нейтронов с энергией близкой к 14 МэВ и группы неупруго рассеянных нейтронов низкой энергии, имеющих максвелловское распределение с температурой меньше 1 МэВ и слабо зависящей от атомного номера рассеивающего элемента. Такой результат служил обоснованием применения двухгрупповой системы констант при расчете первых термоядерных изделий.

Ядерно-физические эксперименты, связанные с разработкой термоядерных систем, во ВНИИЭФ проводились по двум направлениям. С одной стороны, изучались ядерные константы — микроконстанты, которые можно было заложить в расчеты и использовать для расчета самых различных систем. Второе направление — интегральные эксперименты, для проведения которых создавалась некая модель «изделия» и измерялись интегральные макроконстанты. Когда разрабатывалась первая конструкция «слойки», воспроизводилась такая же модель «слойки», в различные слои которой могли вводиться нейтроны из нейтронного генератора, и изучались пространственное и энергетическое распределения нейтронных полей и различных реакций в такой системе. Конечно, эта модель была далека от идеальной, потому что в ней все процессы происходили при комнатной температуре, а при взрыве температура намного выше и процессы идут по-другому. Но тем не менее такие измерения давали весьма полезную информацию. Если говорить об отношении к ядерно-физическим экспериментам А. Д. Сахарова, то у меня создалось впечатление, что он больше внимания уделял интегральному направлению.

Я и наша группа занимались элементарными константами, а модельными измерениями занималась группа Ю. А. Зысина, о работе которой Сахаров упоминает в своих «Воспоминаниях» (см.[10]). У Зысина с Флеровым и флеровской группой были некие трения*. Зысин говорил, что константы вообще мерить не нужно, достаточно модельных интегральных измерений, а все необходимые параметры уже известны. Мы стояли на позиции, что ядерные константы — это фундаментальные величины, которые войдут во все справочники и будут всегда нужны, а модель сегодня одна, завтра — другая, потом — третья, это — вещь сугубо временная. Из-за разных точек зрения возникали частые дискуссии. Конечно, на самом деле нужны были оба эти направления, которые дополняли друг друга. Однако Сахаров о модельных измерениях пишет, а об измерениях элементарных констант и работе группы Флерова не упоминает.

Вообще контакты с теоретиками были довольно тесные: проводились семинары, совещания, нас обычно приглашали для участия в обсуждениях, чтобы мы представляли, что требуется теоретикам. На самом начальном этапе это осуществлялось не в полной степени, но потом контакты усилились, так как было много разных моделей изделий, они совершенствовались и при обсуждении новых вариантов экспериментаторам надо было быть в курсе дела.

* После отъезда Г. Н. Флерова из Арзамаса-16 в конце 1951 г. эту группу и связанную с ней лабораторию было поручено возглавить мне.

Перед испытанием 1953 г. начали развиваться новые методики полигонных измерений. К тому времени уже существовало большое количество методик и различной аппаратуры, чтобы измерять параметры взрыва по ударной волне, по электромагнитному излучению и т. д. У нашей группы, которая поехала на испытание 1953 г., была специфическая для термоядерного процесса задача: определить в продуктах взрыва выход различных осколков деления и тяжелых ядер.

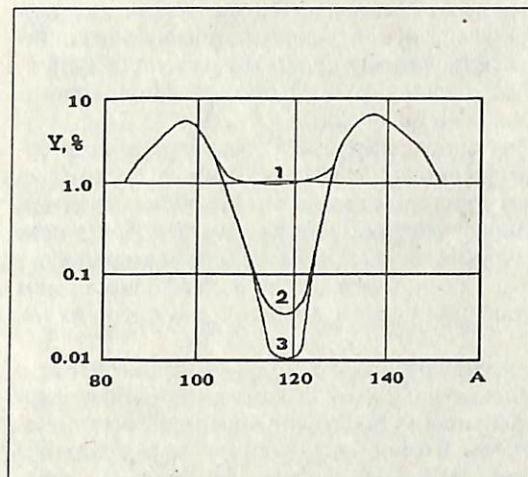


Рис. 3. Массовые распределения осколков при делении урана нейтронами различных энергий. 1 — $D+T$ нейтроны; 2 — нейтроны спектра деления; 3 — тепловые нейтроны

Для успешного выполнения этой задачи большой группой физиков (Е. К. Бонюшкин, А. А. Лбов, Л. И. Сельченков, В. В. Спектор и др.) и радиохимиков (Э. А. Козырева, В. Р. Негина, В. Н. Замятина, И. И. Наумова, Н. П. Мартынов и др.) во главе с В. Н. Ушатским проводилось предварительное изучение массовых распределений осколков при делении ряда изотопов урана и плутония нейтронами с энергией 14 МэВ и нейтронами спектра деления, для которых данные о выходе осколков практически отсутствовали. Одновременно разрабатывались и проверялись методики измерения и измерительная аппаратура. Результаты этих работ позднее были опубликованы (см. [11—14]).

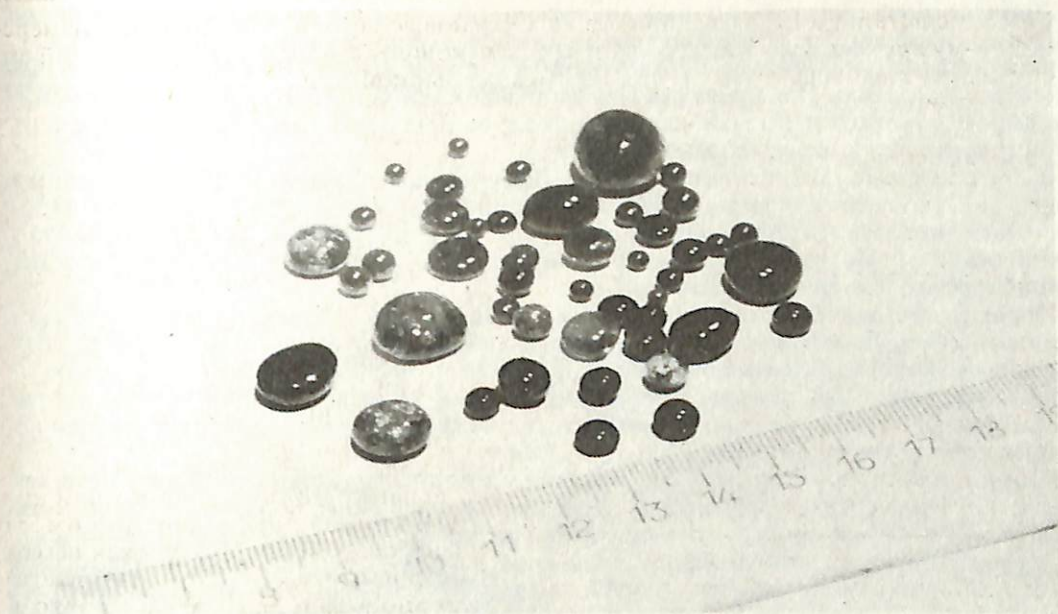
Летом 1953 г. необходимое для этих измерений оборудование было доставлено на полигон и подготовлено к работе. Вся подготовительная работа проводилась в контакте с военными радиохимиками полигона. Ожидание дня испытания было заполнено многочисленными репетициями.

В день испытания 12 августа нас подняли рано утром, до восхода солнца, и на автобусах доставили на наблюдательные пункты, расположенные на холмах примерно в 20 км от эпицентра. По громкоговорящей сети уже велся отчет времени: «остался 1 час»... «осталось 30 мин» и т. д. Всем наблюдающим выдали темные очки, через которые уже высоко взойшедшее солнце едва просвечивало. Последние минуты проходили в нервном ожидании.

Наконец — «ноль», и вся степь осветилась ярчайшим светом. Через очки был виден яркий расширяющийся шар, и в лицо пахнуло теплом, как от открывшейся печки. Сняв очки, мы стали свидетелями грандиозной безмолвной картины клубящихся и поднимающихся высоко вверх бурых облаков окислов азота и темного столба пыли и песка в их основании. Небольшие облачка над «полем» таяли на глазах, испаряясь и исчезая. Было видно, как по степи движется ударная волна, пригибая сухую траву. Когда она дошла до нас, земля под нами заколебалась. Дошел и звук взрыва.

Для забора проб продуктов взрыва, некоторое время спустя, через облако пролетел самолет, оборудованный гондолами — большими конусообразными сачками из ткани

Идеология была заложена такая. Распределение осколков деления по массе, как показывают кривые на рис. 3, зависит от энергии нейтронов, вызывающих деление. Когда происходит деление тепловыми нейтронами, то кривая двугорбая с глубоким провалом в области симметричного деления, т. е. имеются две группы осколков — легкие и тяжелые. При симметричном делении на два равных осколка выход осколков очень мал. При делении нейтронами с энергией 14 МэВ кривая распределения имеет лишь небольшой провал, так как выход симметричных осколков увеличивается примерно в 100 раз. Таким образом, если собрать продукты взрыва, выделить осколки деления и найти отношение выходов осколков с массой максимума и минимума, то по этому отношению можно судить, какие нейтроны производили деление.



*Капельки породы, выпавшие из радиоактивного облака при термоядерном взрыве 12 августа 1953 г.
Фото С. Неговелова*

Петрянова, которая задерживает всю пыль с адсорбированными на ней радиоактивными атомами. Эти фильтры, имеющие очень высокую активность, снимались, растворялись, и из них химики выделяли различные элементы, а мы измеряли их активность и находили выход осколков и других продуктов взрыва.

Кроме того, после испытания возникла идея дополнительно собрать продукты взрыва с земли по следу облака. Когда произошел взрыв (на башне), все вокруг расплавилось — башня, почва, песок. Все это поднялось с облаком на большую высоту, а потом постепенно высыпалось по ходу радиоактивного облака. На ближних расстояниях — в виде каменных капелек. Шел своего рода дождь или град, но это была не вода, а капельки породы. На фото показаны их уникальные образцы — черные, блестящие шарики диаметром несколько миллиметров. С чьей-то подачи их называли «харитонки». Как ни дико это выглядит сегодня, после Чернобыля, мы ходили по следу облака, собирали в консервные банки эти капельки и отдавали химикам на растворение. Фактически основным материалом капелек был песок SiO_2 . На этом песке были адсорбированы все продукты деления, как и на фильтрах.

По измерениям выходов осколков удалось установить, что основная масса делений при испытании происходила за счет термоядерных нейтронов, т. е. что действительно шла термоядерная реакция и взрыв был термоядерным. Об этом свидетельствовала и мощность взрыва, потому что вместо обычных 20—30 килотонн она составила 300—400 килотонн. Так как деление в основном происходило за счет термоядерных нейтронов, это означало, что в 1953 г. было испытано термоядерное оружие.

* * *

В заключение хочу поделиться краткими воспоминаниями о лидерах советской атомной программы, с которыми мне приходилось работать. Каждый из них был яркой фигурой, неповторимой индивидуальностью.

Мне, конечно, очень повезло, что довелось работать с такими замечательными личностями, как Игорь Васильевич Курчатов, Андрей Дмитриевич Сахаров, Юлий Борисович Харитон, Яков Борисович Зельдович, Георгий Николаевич Флеров... Каждый был яркой фигурой, со своими особенностями характера.

Про Сахарова сейчас очень много написано. Могу только добавить, что, когда мы учились в университете, он совершенно не выделялся среди студентов, никакой общественной работой не занимался. Трудно было предположить, что он станет такой выдающейся личностью. И в Арзамасе Сахаров вел довольно замкнутый образ жизни, обычно не участвовал во всяких вечеринках, он был хорошим семьянином, очень любил свою первую жену, заботился о детях.

В 70-е гг. многие удивлялись поведению Сахарова, для обычных «здравомыслящих» людей поступок его тогда казался несколько странным: «Зачем лезть на рожон? Против нашей системы отдельная личность не сможет что-то серьезное сделать, не сможет противостоять». Потом оказалось, что Сахаров не согнулся, не поддавался этой системе, и сейчас все это чрезвычайно ценят.

Игорь Васильевич был в обращении очень обаятельный человек, но вместе с тем исключительно требовательный, когда речь шла о работе. Мы все считали не просто долгом, а даже удовольствием хорошо выполнить его поручение. Это была честь для нас — работать под его руководством. Когда он приезжал в Арзамас, мне часто приходилось докладывать ему о наших работах, он очень глубоко вникал во все детали, прекрасно понимал, какое значение имеет то, что мы делаем.

Юлий Борисович — очень скрупулезный, дотошный человек. Такой уж у него характер. Об этих чертах его характера, очень необходимых в его должности, ходят чуть ли не легенды. Он все проверял буквально до каждой запятой, не в смысле текста — а в смысле работы, на все мелочи обращал внимание, потому что на нем лежала колоссальная ответственность. Если бы из-за какой-то небрежности что-то не сработало, что-то не получилось, это нанесло бы огромный урон науке, а как пострадали бы ученые, не стоит и говорить. Юлий Борисович ни на минуту не забывал, какой груз лежит на его плечах. Вместе с тем он был очень отзывчивым, внимательно относился к людям, всегда старался, чем мог, помочь в беде.

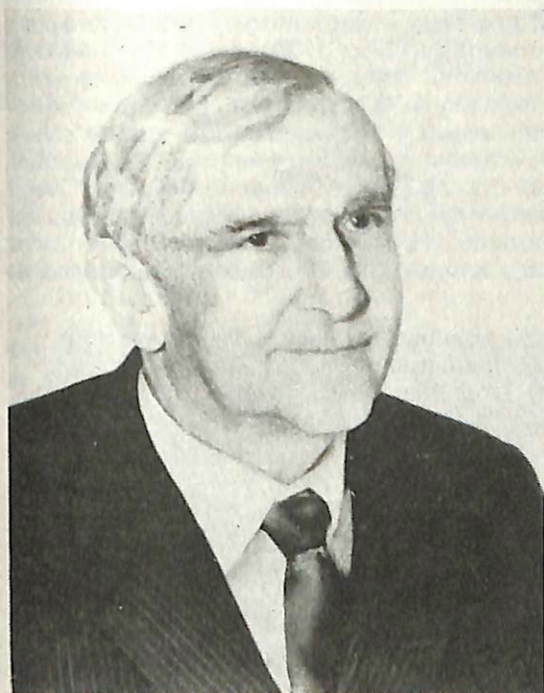
Георгий Николаевич и Яков Борисович были людьми с совершенно другими характерами, в чем-то даже похожие — живые, импульсивные, любили разные шутки, розыгрыши. С ними, в общем, было нескучно. В то же время они обладали большой эрудицией. Зельдович, я считаю, был в Арзамасе главным генератором идей.

С Георгием Николаевичем я работал вместе два периода: несколько лет в Арзамасе и несколько лет в Дубне, в Лаборатории ядерных реакций. Чрезвычайно много было у него положительных качеств, которые дали ему возможность сделаться выдающимся ученым, широко известна его необычайная интуиция. Но работать с ним было трудно. В Дубне я в этом убедился.

Список литературы

1. Безотосный В. М., Замятин Ю. С. // Атомная энергия. 1957. Т. 2. С. 313.
2. Hanson A. O., McKibben J. L. // Physical Review. 1974. Vol. 72. P. 673.
3. Ерозолимский Б. Г. // Приложение № 1 к журналу Атомная энергия. 1957. С. 74.
4. Васильев Ю. А., Замятин Ю. С. и др. // Атомная энергия. 1957. Т. 3. С. 542.
5. Васильев Ю. А., Замятин Ю. С. и др. // ЖЭТФ. 1960. Т. 38. С. 671.
6. Nucleonics. 1951. Vol. 8. № 8. P. 78.
7. Замятин Ю. С., Гутникова Е. К. и др. // Атомная энергия. 1957. Т. 3. С. 540.
8. Замятин Ю. С., Сафина И. Н. и др. // Атомная энергия. 1958. Т. 4. С. 337.
9. Казаринова М. И., Замятин Ю. С., Горбачев В. М. // Атомная энергия. 1960. Т. 8. С. 139.
10. Сахаров А. Д. Воспоминания. Нью-Йорк, 1990.
11. Бонюшкин Е. К., Замятин Ю. С. и др. // Атомная энергия. 1961. Т. 10. С. 13.
12. Бонюшкин Е. К., Замятин Ю. С. и др. // Сб. Нейтронная физика. М., 1961. С. 224.
13. Зысин Ю. А., Лбов А. А., Сельченков Л. И. // Атомная энергия. 1960. Т. 8. С. 409.
14. Власов В. А., Зысин Ю. А. и др. // Сб. Нейтронная физика. М., 1961. С. 235.

М. А. ЕЛЪЯШЕВИЧ

ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
ПЕРВОГО СОВЕТСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

М. А. Ельашевич. Фото 1991 г.

Коротко об авторе

Михаил Александрович Ельашевич скончался 4 января 1996 г. — в то время, когда в нашем журнале готовились к печати его воспоминания. Мы публикуем значительную их часть, наиболее тесно связанную с его работой в рамках советского атомного проекта.

М. А. Ельашевич родился 8 августа 1908 г. Будучи студентом физико-математического факультета ЛГУ, под руководством А. Н. Теренина начал научную работу в области спектроскопии. Далее работал в Ленинградском Физико-техническом институте (1931), в Институте химической физики (1931—1935). В 1935 перешел в Государственный оптический институт, где проработал до 1949. В трудные для него 1949—1953 (его отец был репрессирован) был вынужден уйти из ГОИ и работал в Ленинградском институте точной механики и оптики, затем — в Педагогическом институте им. Герцена. В 1953 опубликовал фундаментальный труд «Спектры редких земель». В 1954 был зачислен в ИХФ и в течение двух лет занимался наблюдениями ядерных взрывов. В 1956 переехал в Минск и работал в Институте физики

АН БССР, где был избран действительным членом Академии наук БССР. В 1968 перешел в Белорусский государственный университет.

М. А. Ельашевич — выдающийся специалист в области спектроскопии. Он разработал основы теории колебательных спектров многоатомных молекул, выполнил ряд важных работ по спектроскопии редкоземельных элементов, спектроскопии плазмы и физике низкотемпературной плазмы.

Он был также замечательным историком науки. В частности, ему принадлежат интересные работы по истории квантовой физики. Более полный вариант его воспоминаний, написанных с дотошностью историка, мы также постараемся опубликовать.

Самым напряженным и интересным периодом в моей научной деятельности были 1946—1949 гг., когда моим главным делом как сотрудника Государственного оптического института (ГОИ) стало участие в подготовке и проведении оптических наблюдений первого советского ядерного взрыва. Эта работа проводилась мною в тесном контакте с Институтом химической физики (ИХФ), где я ранее работал, и Министерством обороны, определила и мою дальнейшую судьбу, и важные направления моих послевоенных работ в Минске с 1956 г., куда я переехал из Ленинграда, с которым был связан довоенный период моей учебы и работы.